INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA



INFLUÊNCIA DOS CICLOS TÉRMICOS NA SOLDADURA DO AÇO GRAU 91 - SA213 T91 / SA 335 P91

ANTÓNIO PEDRO VITÓRIA DE PINHO
Outubro de 2015

POLITÉCNICO
DO PORTO

Instituto Superior de Engenharia do Porto

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

INFLUÊNCIA DOS CICLOS TÉRMICOS NA SOLDADURA DO AÇO GRAU 91 - SA213 T91 / SA 335 P91

António Pedro Vitória de Pinho

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

POLITÉCNICO DO PORTO

2015

Instituto Superior de Engenharia do Porto
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

INFLUÊNCIA DOS CICLOS TÉRMICOS NA SOLDADURA DO AÇO GRAU 91 - SA213 T91 / SA 335 P91

António Pedro Vitória de Pinho

1081260

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP e Co-Orientado pela Doutora Olga Maria Maia Coutinho de Paiva, Professor Coordenador do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP.

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto
POLITÉCNICO DO PORTO

2015

Júri

Presidente	Doutor Arnaldo Manuel Guedes Pinto Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto
Orientador	Doutor Francisco José Gomes da Silva Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto
Co-Orientador	Doutora Olga Maria Maia Coutinho de Paiva Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto
Vogal	Doutor António Manuel de Bastos Pereira Professor Auxiliar – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Os meus agradecimentos são dirigidos a todos aqueles que fizeram com que este projeto fosse possível, quer pela sua colaboração na realização das tarefas necessárias, quer pelo apoio técnico ou apenas palavras de incentivo. Como não poderia ser de outra forma, passo a enunciar essas mesmas personalidades.

Ao meu orientador Doutor Francisco José Gomes da Silva, pelo seu apoio, conhecimento e incentivo na realização de toda este trabalho, desde a ideia inicial, até à fase final deste projeto. A sua experiência profissional contribuiu para aumentar e enriquecer todo o trabalho dando me assim uma maior oportunidade de aprendizagem que certamente será fundamental para o meu futuro profissional.

À minha co-orientadora Doutora Olga Paiva pelo seu importante contributo no aperfeiçoamento deste relatório.

À empresa ARSOPI S.A., em particular ao Presidente do Conselho da Administração, engenheiro Armando Pinho, por me ter dado oportunidade, disponibilizando todos os meios necessários para a realização deste trabalho, suportando todos os custos. Sem esse suporte não seria possível a realização deste projeto.

Dentro da mesma empresa, quero agradecer ao José António Teixeira Martins, que sempre se demostrou disponível para a realização das soldaduras, empregando e partilhando todo o seu conhecimento.

Ao engenheiro Manuel bexiga, Diretor da Qualidade, por todo o apoio prestado desde a fase inicial até ao final do presente trabalho.

Ao operador da fresa, José Pinho pelo sua paciência na maquinagem dos provetes, tentando sempre fazer com que os meus planeamentos fossem cumpridos, mesmo com a imensa carga de trabalho que tinha pela frente.

Ao meu amigo José Miguel Gonçalves, pela ajuda na elaboração de determinadas tarefas, principalmente quando determinadas dúvidas me foram levantadas.

Agradeço à minha família, pai e mãe, que foram os responsáveis pela minha chegada até aqui e por todo o tempo que estive ausente para a elaboração deste trabalho.

Agradeço à minha namorada, que contribuiu sempre de forma positiva e esteve presente nos momentos de maior dificuldade.

Agradeço também ao *Keyfo Yildirim*, diretor da qualidade da *Alstom Power Systems*, ao *Patric de Smet*, especialista de soldadura e materiais da *NEM Energy* e ao *William Newell*, vice presidente da *EUROWELD*, pela gentileza com que se prontificaram a esclarecer as minhas dúvidas e também pela cedência de documentação de extrema importância.

Resumo

A indústria metalomecânica nacional possui uma larga tradição no fabrico de equipamentos de elevada qualidade nas mais diversas vertentes. Seja em moldes, colunas de geradores de energia eólica, torres de telecomunicações, equipamento para a agro-pecuária, básculas de camiões ou simplesmente em silos, a indústria metalomecânica portuguesa é reconhecida internacionalmente pela sua competitividade e qualidade. Sectores como o da maquinagem, estampagem e soldadura mantêm viva a economia nacional, exportando produtos e serviços de engenharia que são largamente reconhecidos pelas empresas estrangeiras, tanto na Europa como em África e na América.

O sector da construção soldada teve sempre uma forte tradição no nosso país, conhecendo um novo impulso com o fabrico de estruturas metálicas para geradores de energia eólica e torres de telecomunicações. Atualmente esta indústria mantém viva a sua atividade devido a um forte 'know-how' nesta matéria e a uma qualidade invejável. Apesar do forte 'know-how' já existente, esta indústria está constantemente a ser solicitada para novos desafios, passando pela necessidade da aplicação de novos materiais os quais trazem sempre requisitos específicos aos processos, necessitando ser estudados com pormenor.

Este estudo baseia-se na necessidade de uma empresa industrial portuguesa precisar de realizar equipamentos em construção soldada com base em aço do tipo Cr-Mo, grau 91, cuja soldadura é tradicionalmente bastante complicada. A realização dos adequados tratamentos ao material, quer antes, quer depois da soldadura, são a garantia de que a qualidade final do produto atinge os níveis exigidos pelos clientes.

Assim, o presente estudo, com uma forte componente experimental, permitiu determinar com sucesso quais as melhores condições para o ciclo térmico na soldadura que podem ser aplicadas a esta liga, para que os resultados obtidos possam exibir a qualidade desejada.

Palavras-chave

Soldadura, SA213 T91, SA335 P91, Grau 91, Microestrutura, Fluência, Tratamentos Térmicos, Pré-aquecimento, Pós-aquecimento, Soldabilidade

Abstract

The national metalwork industry has a long tradition in the manufacture of high-quality equipment for a large number of industrial or agricultural activities. Whether in moulds, columns of wind power generators, telecommunications towers, livestock equipment, trucks structures or just in large equipment for storage, the Portuguese metalwork industry is internationally recognised for its quality and competitiveness. Sectors such as machining, stamping and welding, keep alive the national economy, exporting engineering products and services that are widely recognised by foreign companies, both in Europe and in Africa or America.

The welded construction industry always had a strong tradition in our country, knowing a new impetus with the manufacture of metal structures for wind power generators and telecommunication towers. Currently, this industry keeps alive its activity due to a strong know-how in this area and an enviable quality. Despite the strong know-how already existent, this industry is constantly being requested for new challenges, through the need of new materials application, which always bring specific requirements to processes, requiring to be studied in detail.

This study is based on a Portuguese industrial company need to perform works in welded construction with Cr-Mo steel, grade 91, which weldability is traditionally quite complicated. Performing the appropriate material treatments, either before or after welding, are the guarantee that the final product quality reaches the level required by customers.

Thus, the present study, with a strong experimental component, allowed determine successfully the best thermal treatment conditions that can be applied to this alloy, allowing get the best welding conditions in order to reach the desirable quality.

Keywords

Welding, SA213 T91, SA335 P91, Grade 91, Microstructure, Creep, Heat-treatments, Pre- heat-treatment, Post heat-treatment, Weldability

Lista de Símbolos e Abreviaturas

Símbolos Químicos

C - Carbono
Mn - Manganês
Si - Silício
S – Enxofre
P - Fósforo
Cr - Crómio
Ni - Níquel
Cu - Cobre
Mo - Molibdénio
W - Tungsténio
V - Vanádio
Nb - Nióbio
N - Azoto
B - Boro
Al - Alumínio
Ti -Titânio
Fe - Ferro
Zr - Zircónio
Co - Cobalto
Ta - Tântalo
Sb - Antimónio
Sn – Estanho
As - Arsénio
O - Oxigénio
CO_2 - Dióxido de carbono

Normas / Códigos

ASME - *American Society of Mechanical Engineering*
ASTM – *American Society for Testing and Materials*
AWS – *American Welding Society*
IIW – International Institute of Welding
NP – Norma Portuguesa
EN – *European Norm*
DIN - *Deutsches Institut für Normung*
BS – *British Standard*
AFNOR - *Association Française de Normalisation*
ISO - *International Organization for Standardization*

Unidade de medida

°C – Grau Celsius
°F – Graus Fahrenheit
% - Percentagem
h - Horas
min. – Minutos
kg - Quilograma
g - Grama
kgf – Quilograma força
gf – Grama força
mm – Milímetro
" - Polegada
nm – Nanómetro

µm - Micrómetro

m^2 – Metro quadrado

mm^3 – Milímetro cúbico

J - Joule

MPa – Mega Pascal

GPa – Giga Pascal

Bar – (unidade de pressão)

Ksi – (unidade de pressão)

N - Newton

kN – Quilo Newton

ml - Mililitros

kVA – Quilo Volt Ampere

kW – Quilo Watt

Hz - Hertz

V – Volt

A -Ampere

J/Cm^2 – Joule/centímetro quadrado

N/mm^2 – Newton/milímetro quadrado

m/min – Metro / minuto

min/mm – Minuto / milímetro

mm/min. – Milímetro por minuto

l/min. – Litro por minuto

W/(m.k) – Watt / metro . Kelvin

°C/h – Graus Celsius/hora

kg/h – Quilogramas/hora

kJ/mm – KiloJoule/ milímetros

kg/m^3 – Quilograma / metro cúbico

mm/s – Milímetros/segundo

J/kg.K - Joule / quilograma . Kelvin

10^{-6}/°C – 10^{-6} / graus centígrados

HV – *Hardness Vickers* (Dureza Vickers)

HB - *Hardness Brinell* (Dureza Brinell)

Outros símbolos e abreviaturas

HRSG – *Heat recovery steam generator*

CSEF - *Creep strength-enhanced ferritic*

PWHT – *Post weld heat treatment*

ORNL - *Oak Ridge National Laboratory*

ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade

UE - União Europeia

USA – *United States of America*

UK – *United Kingdom*

NPS – *Nominal pipe size*

SCR. – *Selective catalytic reduction*

ppm. – parte por milhão

SEM - *Scanning electron microscopy*

CGHAZ – *Coarse grained heat affected zone*

FGHAZ- *Fine grain heated affected zone*

SMAW - *Shielded metal arc weld*ing

SER – Soldadura por elétrodo revestido

MMA – *Manual metal arc welding*

GMAW – *Gas metal arc welding*

MIG – *Metal inert gas*

MAG -*Metal active gas*

FCAW – *Flux cored arc welding*

FF – Fio fluxado

FT – Fio tubular

GTAW - *Gas tungsten arc welding*

TIG – *Tungsten inert gas*

PAW – *Plasma arc welding*

SAW – *Submerged arc welding*

SAS – Soldadura por arco submerso

ZTA – Zona termicamente afetada

HAZ – *Heat affected zone*

MB – Metal de base

MF – Metal fundido ou metal depositado

TTT – Temperatura / Tempo / Transformação

CCT – *Continuous cooling transformation*

CE – Carbono equivalente

AC_1 - Temperatura critica inferior de transformação

AC_3 - Temperatura critica superior de transformação.

OD – *Outside diameter*

WT – *Wall thickness*

AC - *Alternate current* (Corrente Alternada)

DC - *Direct current* (Corrente Contínua)

CrMo – Cromo-Molibdénio

M_s – *Martensite start*

M_f – *Martensite finish*

$Rp_{0,2}$ – Tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,2% (tensão de cedência)

Rm – Tensão de rotura

Along. - Alongamento

Ra – Rugosidade média aritmética

Rz – Média das alturas de pico/vale

Rq – Rugosidade média quadrática

t – *Thickness* (espessura)

Ø – Diâmetro

° - Graus

T – *Tube*

P - *Pipe*

L – *Length* (comprimento)

W – *Width* (largura)

H – *Height* (altura)

TK - Termopar

C/ - Com

H.P. – High Pressure

L.P – Low Pressure

nº - Número

≤ - Menor ou igual

≥ - Maior ou igual

< - Menor

> - Maior

Máx. – Máximo

Mín. - Mínimo

γ - Gama

α - Alfa

δ - Delta

σ – Desvio padrão

TA – Temperatura ambiente

AT – Alta temperatura

Tamb. – Temperatura ambiente

Transf. – Transformação

Aq. - Aquecimento

Temp. – Temperatura

Sold. – Soldadura

Arref. - Arrefecimento

Low - Baixo

Glossário de Termos

δ-ferrite - É a estrutura residual que continua presente no aço após a austenitização ou processos de solidificação, sendo esta magnética e frágil a baixas temperaturas.

AC_1 - Temperatura crítica inferior é a temperatura à qual a martensite se começa a transformar em austenite, durante o aquecimento.

AC_3 - Temperatura crítica superior é a temperatura à qual se dá a completa transformação da martensite em austenite, durante o aquecimento.

Alongamento – Variação do comprimento final em relação ao inicial de um corpo de prova quando sujeito à tração.

Austenite – Forma cúbica de faces centradas do ferro, estável a temperaturas intermediárias.

Austenite residual – Porção de Austenite que não se transformou em martensite durante o arrefecimento. Durante o arrefecimento, a austenite transforma-se em martensite. Essa transformação começa na temperatura M_s e finaliza-se na temperatura M_f. Nem sempre é possível que a austenite se transforme completamente em martensite, sendo que esta depois irá fazer com que as transformações num tratamento térmico de revenido, nos aços martensíticos, se tornem mais complexas.

Austenitização – Designação atribuída ao processo de formação da austenite, que consiste no aquecimento acima do limite superior da zona crítica.

Caldeira – Equipamento destinado à produção de vapor através de aquecimento da água, podendo ser utilizado para acionar mecanismos, como por exemplo turbinas para geração de energia.

Deslocações – São defeitos lineares que originam uma distorção na rede centrada em torno de uma linha. São originadas durante a solidificação, sendo que a sua densidade cresce de um modo significativo durante a deformação plástica. As tensões térmicas também formam deslocações.

Diluição – Quantidade percentual do metal de base que entra na composição do banho de fusão na soldadura.

Ductilidade – Deformação que um material suporta quando sujeito a esforços de tração até atingir o ponto de fratura. Um material dúctil é aquele que apresenta grande deformação até a rotura, o oposto designa-se por materiais frágeis.

Dureza – Pode ser interpretado como medida da resistência de um material à deformação plástica, ou seja, resistência a deformações permanentes.

Endurecimento por precipitação - Endurecimento devido à precipitação de uma segunda fase. Geralmente, este fenómeno ocorre devido ao envelhecimento da liga.

Estrutura equiaxial – Estrutura com dimensões aproximadamente igual em todas as direções.

Excesso de revenido - Ou aquecimento intercrítico, é a realização do tratamento térmico, revenido, com uma temperatura de patamar (estágio) acima da indicada pelas normas e/ou códigos de construção, que geralmente impõem como máximo 790-800°C, para o aço grau 91.

Falta de revenido – Realização do tratamento térmico de revenido, com uma temperatura de patamar (estágio) abaixo da indicada pelas normas e/ou códigos de construção, que geralmente impõem como mínimo 730°C, para o aço grau 91.

Ferrite – Também conhecida por α-ferrite, é a designação utilizada para o ferro puro com a estrutura cristalina cúbica de corpo centrado. É esta estrutura cristalina que dá ao aço e ferro fundido as suas propriedades magnéticas.

Fluência – Nos aços, é a deformação plástica ao longo do tempo, quando sujeitos a uma carga ou tensão constante em aplicações que envolvem temperaturas elevadas.

HV1 – Dureza Vickers com aplicação de uma carga de 1 kg (9,81 N).

HV10 - Dureza Vickers com aplicação de uma carga de 10 kg (98,1 N).

Laves-Phase – Fases intermetálicas que surgem devido à presença de Mo e W que se formam pela exposição prolongada em regimes de fluência em determinados materiais. Estas partículas são prejudiciais para os materiais.

Martensite – Estrutura formada pela transformação sem difusão da austenite, quando o arrefecimento é suficientemente rápido para evitar ampla formação de perlite e bainite. É um constituinte de elevada dureza devido à forte densidade de deslocações. É também conhecida como martensite fresca, que resulta, durante o arrefecimento, da transformação da austenite.

Martensite revenida – Microestrutura formada pelo tratamento térmico de revenido. Consiste em partículas de cementite extremamente pequenas e uniformemente distribuídas. Pode ser quase tão dura e resistente quanto a martensite (fresca) mas com ductilidade e tenacidade aprimoradas.

Metaestável - Estado termodinâmico longe do equilíbrio e instável, que pode durar alguns segundos, como pode perdurar por milhares de anos.

Metal de base – Designação atribuída, principalmente em soldadura, ao material que se pretende ligar.

Metal fundido – Zona do material que sofreu fusão (diluição) durante o processo de soldadura, para que a ligação seja possível. Se for utilizado metal de adição existe uma diluição deste com o metal de base, podendo neste caso também tomar a designação de metal depositado.

Material de adição – Material adicionado na ligação de materiais, como por exemplo no processo de soldadura ou brasagem.

Microestrutura – Estrutura ampliada, geralmente 500x, de um material sólido. Em ligas metálicas, é caracterizada pelo número e pela proporção de fases presentes e a forma como estão distribuídas e arranjadas.

M_s e M_f – De acordo com o diagrama de transformação dos aços, durante o arrefecimento, a austenite presente na sua estrutura, começar-se-á a transformar em martensite assim que arrefece, até uma dada temperatura, sendo que a essa temperatura designa-se por início de transformação da martensite, M_s. Quando essa transformação está completa, então essa temperatura é designada de fim da transformação da martensite, M_f.

Normalização – Consiste no aquecimento do aço a uma temperatura acima da zona crítica, estágio a essa temperatura e por fim um arrefecimento ao ar, com o objetivo de refinar o grão e melhorar a uniformidade da microestrutura.

Nucleação – Processo de formação de um núcleo de uma determinada partícula.

Passe - Deposição de uma camada de material de adição na junta.

Precipitação – Formação de um sólido durante uma reação química dando origem a precipitados.

Purga – Consiste na proteção da soldadura pelo lado oposto, geralmente com gás inerte (árgon), para que este diminua o oxigénio presente, permitindo assim uma redução da oxidação.

Região intercrítica – Região delimitada por AC_1 e AC_3 onde a estrutura do material é constituída por martensite e austenite.

Região intercrítica na ZTA – Local próximo do metal base, onde o tamanho de grão se encontra como sendo o mais refinado de toda a ligação, mesmo quando comparado com o metal base. É um local de formação de pontos macios e, consequente, fissuração do Tipo IV, no aço de grau 91.

Resiliência - Capacidade de um material absorver energia quando deformado elasticamente e libertá-la quando descarregado.

Revenido – Consiste no aquecimento a uma temperatura inferior a AC_1, estágio a essa temperatura e posterior arrefecimento. Tem como finalidade eliminar tensões, ajustar a dureza, e aumentar a tenacidade. Pode também ser definido como a decomposição controlada de martensite, por aquecimento.

Temperabilidade – Capacidade de transformação da estrutura e propriedades mecânicas, de alguns materiais, quando arrefecidos depois de terem sido aquecidos a uma certa temperatura. Pode também ser definida como a suscetibilidade que um aço apresenta para a formação de uma estrutura martensítica, tornando-se mais duro.

Temperatura de austenitização – Temperatura à qual se dá a formação da austenite, sendo essa temperatura geralmente 50°C acima do limite superior da zona crítica.

Tenacidade – Capacidade ou resistência que um material apresenta à propagação de fendas.

Tensão de cedência - Tensão máxima, a que um material pode estar sujeito, sem ultrapassar o seu limite de elasticidade. Acima deste valor, de tensão, o material entra no domínio plástico.

Tensão de rutura – Tensão máxima que um material suporta até atingir rotura.

Termopar – Dispositivo de medição de temperatura constituído por dois metais diferentes que entram em contacto entre si na sua extremidade, criando uma força eletromotriz, permitindo que um equipamento registe essas alterações e as converta em temperatura.

Tratamento térmico – Processo de aquecimento e arrefecimento a que se submetem os materiais metálicos com finalidade de se modificar a sua estrutura, melhorando as suas características mecânicas.

Zona termicamente afetada pelo calor – Corresponde a uma determinada zona do metal de base, que foi afetada pelo ciclo térmico gerado durante o processo de soldadura.

Z-Phase – Partículas formadas em determinados materiais, devido a uma exposição prolongada em regimes de fluência, sendo prejudiciais para os materiais.

Índice de figuras

Figura 1 - Classificação dos aços por família (APPinho, 2014). 7
Figura 2 - Coletor de uma Caldeira, material grau 91 [6]. 9
Figura 3 - Serpentina de um sobre – aquecedor "Superheater" [7]. 9
Figura 4 – Turbo - gerador de uma central de energia a carvão na Malásia [8]. 10
Figura 5 - Permutador de calor [9]. 10
Figura 6 – Caldeiras de recuperação de energia, HRSG (Heat recovery steam generator) [10]. 11
Figura 7 – Central de energia com caldeiras em torre ultra-super-criticas na Republica Checa [8]. 11
Figura 8 - Comparação da resistência à fluência do T/P22, T/P23, T/P24, T/P91 [17]. 14
Figura 9 – Resistência à fluência de vários aços para trabalho a alta temperatura [18]. 14
Figura 10 – Níveis de resistência à fluência de vários materiais [19]. 15
Figura 11 – Caldeira com queimador a gás ou óleo, ou mistura dos dois componentes [24]. 17
Figura 12 – Representação do ciclo combinado de um HRSG (imagem adaptada pelo autor) [25]. 17
Figura 13 – Componente de um HRSG (Tubagem, serpentinas, coletores) [26]. 18
Figura 14 – Heat Recovery Steam Generator, HRGS [26]. 18
Figura 15 – Tensão de Cedência, Tensão de Rotura e Impacto VS. Temperatura [20]. 24
Figura 16 - Resultados após envelhecimento [20]. 25
Figura 17 – Resultado de ensaio de fluência no aço T/P91 a três diferentes temperaturas [20]. 25
Figura 18 - Comparação entre o T/P 91 e outros aços [13]. 26
Figura 19 - Temperatura máxima de serviço para diferentes aços [39]. 26
Figura 20 – Diagrama de equilíbrio das Ligas Fe-C [43]. 29
Figura 21 - Diagrama de arrefecimento contínuo do aço de grau 91 [28]. 30
Figura 22 – Curva em arrefecimento contínuo TTT (Temperatura, Tempo, Transformação), para o aço 9Cr (Temperatura de austenitização 1080°C) [44]. 30
Figura 23 - Ilustração esquemática da microestrutura da martensite revenida do aço de grau 91 [46]. 31
Figura 24 - Estrutura típica do grau 91 após normalização e revenido [20]. 32
Figura 25 - Esquema representativo da microestrutura do material P91, foto à esquerda; Microestrutura, em SEM (Scanning electron microscope), do aço P91, foto à direita [40]. 32
Figura 26 – Representação esquemática da microestrutura martensítica revenida [41, 49]. 33
Figura 27 – Ilustração esquemática da microestrutura martensítica revenida contendo precipitados nas interfaces internas dos aços 9-12%Cr resistentes à fluência [45]. 33
Figura 28 - Efeito do Revenido nas propriedades mecânicas do aço T/P 91 [20]. 35
Figura 29 - Curva representativa dos regimes de fluência (gráfico adaptado pelo autor) [22, 42]. 36
Figura 30 – Ilustração esquemática da microestrutura dos aços 9-12% Cr após revenido [42]. 37
Figura 31 – Ilustração esquemática da evolução da microestrutura dos aços 9-12%Cr após exposição a condições de fluência [42]. 38
Figura 32 – Microestrutura do aço de grau 91 após fluência durante 113431 horas a 600°C [48]. 40
Figura 33 – Imagens em SEM de dano no aço de grau 91 após fluência a 600°C para 113 e 431 horas, 7 mm a partir da superfície de fratura [48]. 41

Figura 34 - Microestrutura do aço de grau 91 após fluência [48]. *42*
Figura 35 - Diferença, em termos de projeto, dos dois materiais para vários componentes [19]. *43*
Figura 36 – Comparação da espessura da parede de tubo para diferentes materiais nas mesmas condições de projeto [39]. *44*
Figura 37 – Tensões máximas admissíveis do grau 91 em comparação com o grau 22, de acordo com ASME section II, Part D design rules [20]. *45*
Figura 38 - Comparação da tensão de rotura por fluência, no grau 22 e 91, após 100000 horas [20]. *46*
Figura 39 – Condutividade térmica de diferentes aços em função da temperatura [28]. *46*
Figura 40 – Coeficiente de expansão linear de diferentes aços em função da temperatura [28]. *47*
Figura 41 - Tubo de Sobre-aquecedor em aço grau 91 [21]. *48*
Figura 42 – Exemplo de um componente com soldadura de materiais dissimilares [63]. *49*
Figura 43 - Ligação entre materiais dissimilares e respetiva relação de espessuras [19]. *50*
Figura 44 - Efeito do teor de Ni+Mn na temperatura crítica inferior, AC_1, no aço grau 91 [28]. *52*
Figura 45 – Macrografia de uma junta soldada, pelo processo TIG (GTAW), atacada com ácido Oxálico (ampliação:6,5x). Na imagem é possível verificar-se as indentações provocadas pelo ensaio de microdureza. Material base: SA312TP316L. Material de adição: ER316LSI (ARSOPI, 2015). *54*
Figura 46 - Micrografia da junta brasada (com tocha/maçarico), atacada com cloreto de ferro III (ampliação: 50x). Material base: Cobre eletrolítico. Material de adição: COPOX (ISEP, 2013). *54*
Figura 47 - Soldadura no estado sólido – Fricção linear de liga de alumínio [69]. *54*
Figura 48 - Identificação das regiões características de uma junta soldada [71]. *55*
Figura 49 – Diagrama esquemático do processo de soldadura por elétrodo revestido [71]. *57*
Figura 50 - Esquema de equipamento de soldadura MIG-MAG [71]. *59*
Figura 51 - Fio fluxado autoprotegido, sem proteção gasosa adicional [72]. *60*
Figura 52 - Fio tubular com proteção gasosa ativa [72]. *61*
Figura 53 – Esquema de uma instalação de soldadura TIG [72]. *63*
Figura 54 – Diagrama esquemático do processo de soldadura por plasma [72]. *64*
Figura 55 – Comparação do arco Plasma com arco TIG [71]. *64*
Figura 56 – Esquema do processo de soldadura por arco submerso [72]. *66*
Figura 57 – Representação esquemática dos fenómenos metalúrgicos que ocorrem na soldadura de um aço [66]. *69*
Figura 58 – Representação esquemática das zonas afetadas e respetivas temperaturas na soldadura de um aço [66]. *69*
Figura 59 - Representação esquemática das várias zonas presentes na soldadura [63, 73]. *70*
Figura 60 – Microestrutura esquemática de uma soldadura multipasses [41, 49]. *71*
Figura 61 - Realização de uma réplica metalográfica de um componente em serviço (ARSOPI, 2012). *73*
Figura 62 - Ciclo térmico típico para a soldadura do grau 91 [64]. *74*
Figura 63 - Localização dos tipos de fissuração na soldadura [44]. *76*
Figura 64 - Perfil de uma junta soldada com fissuração do tipo IV [49]. *76*
Figura 65 - Provete de ensaio de tração com fissuração do tipo IV [6]. *76*
Figura 66 – Diagrama de fase calculado para o grau 91: localização da fissuração do tipo IV [6]. *77*

Figura 67 - Representação da dureza na secção da soldadura em P/T91 [19].....77
Figura 68 - Dureza típica de uma soldadura no aço de grão 91 [16]. 78
Figura 69 - Critério para que ocorra fissuração induzida por hidrogénio [77]. 79
Figura 70 - Fissuração induzida pelo hidrogénio [78].....79
Figura 71 - Fissuração induzida por hidrogénio de um aço ao CrMo (ARSOPI, 2012). 80
Figura 72 – Mecanismo de fissuração no reaquecimento [78].....80
Figura 73 - Pré-aquecimento e entrega térmica para as soldaduras de aços temperados e revenidos [83]. 84
Figura 74 - Esquema de montagem de um pré-aquecimento [57].....85
Figura 75 - Pré-aquecimento para elaboração de um procedimento de soldadura, SA335P91 GTAW (Gas tungsten arc welding) + SMAW (Shielded metal arc welding) (APPinho, 2013).....85
Figura 76 – Pré-aquecimento para a realização de uma soldadura no material P/T91, FCAW (Flux cored arc welding) – Orbital [28].....86
Figura 77 – Pré-aquecimento para a realização de soldadura na material P/T91, GTAW + SMAW (APPinho, 2013).....86
Figura 78 - Monitorização da temperatura (APPinho, 2013). 86
Figura 79 – Pós-aquecimento aplicado imediatamente a seguir ao último passe [77].....88
Figura 80 - Tratamento térmico em forno, material SA335 P91 (APPinho, 2013).....91
Figura 81 - Tratamento térmico localizado com resistências elétricas, material SA335 P91 (APPinho, 2013).....91
Figura 82 – Secção transversal de uma preparação típica de um PWHT [88].....92
Figura 83 - Gradiente de temperatura em tubo de parede espessa durante o PWHT, sem largura de banda incrementada, à esquerda. Gradiente de temperatura em tubo de parede espessa durante o PWHT, com largura de banda incrementada, à direita [15]. 93
Figura 84 – Influência do tempo e temperatura do PWHT na resistência ao impacto [28]. 93
Figura 85 – Influencia do tempo e temperatura do PWHT na dureza [28].....94
Figura 86 – Aspeto das instalações da ARSOPI S.A. (ARSOPI, 2012). 96
Figura 87 – Aspeto das instalações da TECNOCON (ARSOPI, 2012). 97
Figura 88 - Aspeto das instalações da ARSOPI-THERMAL (ARSOPI, 2012). 97
Figura 89 - Aspeto das instalações da ARSOPI ESPANA (ARSOPI, 2012). 97
Figura 90 - Aspeto das instalações da ARSOPI BRASIL (ARSOPI, 2012). 98
Figura 91 – Caldeira de recuperação "Waste heat boiler" – ALSTOM - Desenho de transporte (ARSOPI, 2013).....100
Figura 92 - Caldeira de recuperação "Waste heat boiler", no porto de embarque (ARSOPI, 2013).....100
Figura 93 – Sobre-aquecedor "SuperHeater" (ARSOPI, 2013).....101
Figura 94 – Sobre-aquecedor "SuperHeater" em material do Grau 91 (APPinho, 2013). 101
Figura 95 – Posições de soldadura em tubo – QW-461.4 [89].....102
Figura 96 – Realização da soldadura no teste P_APP_T00 (APPinho, 2014).....105
Figura 97 – Esquema da localização dos termopares nos tubos durante o PWHT, vista em corte. 107

Figura 98 - Manta fibra de cerâmica utilizada no envolvimento do tubo, após soldadura, no teste P_APP_T_02 (APPinho, 2014). *108*
Figura 99 - Armazenamento dos testes P_APP_T02 e T03 em ambiente fabril durante 6 meses (APPinho, 2014)..... *109*
Figura 100 - Construção de uma caldeira, tubos em P22. Pela foto, é possível verificar a quantidade de soldaduras que são necessárias realizar em toda a periferia do equipamento (APPinho, 2013). *110*
Figura 101 - Dimensões dos tubos, antes da soldadura, para realização dos testes. Após soldadura os quatro tubos vão dar origem a dois conjuntos para extração das amostras pretendidas por teste. *120*
Figura 102 – Montagem dos tubos para a operação de soldadura. *120*
Figura 103 - Tubos após a operação de soldadura, para o teste P_APP_T04 (APPinho, 2014). *121*
Figura 104 - Dimensões dos provetes para ensaio de dobragem, ASME IX – QW160 [89]. *122*
Figura 105 - Dimensões dos provetes para ensaio de tração à temperatura ambiente, ASME IX – QW150 [89]. *122*
Figura 106 – Dimensão do provete de tração a alta temperatura - ISO 6892-2 [90]. *122*
Figura 107 – Serrote mecânico, com refrigeração, utilizado no corte dos tubos sujeitos a soldadura (APPinho, 2014). *123*
Figura 108 - Abertura do chanfro no tubo (APPinho, 2014). *123*
Figura 109 - Remoção de óxidos e/ou outros contaminantes, antes da soldadura (APPinho, 2014). *124*
Figura 110 – Ensaio por líquidos penetrantes ao chanfro, sequência do ensaio, a) estado da superfície de ensaio, b) aplicação do líquido penetrante, c) resultado do ensaio (APPinho, 2014). *124*
Figura 111 – Soldadura do tubo com o processo TIG (GTAW) (APPinho, 2014). *125*
Figura 112 - Material de adição ER90S-B9 ∅2,0 mm, fornecido pela ELECTRO PORTUGAL (APPinho, 2014)..... *125*
Figura 113 - Aparelho de Soldar KEMPPI Master TIG MLS 4000 [91]. *127*
Figura 114 - Unidade de Tratamentos Térmicos WELDOTHERM VAS 82-12 Digit 1000 [93]. *128*
Figura 115 – Esquema de ligação para uma zona de controlo [93]. *129*
Figura 116 - Extração das amostras a partir do tubo com aplicação de termopares para controlo de temperatura (APPinho, 2014). *131*
Figura 117 - Registo de temperatura na zona de corte durante a operação de extração das amostras (APPinho, 2014). *132*
Figura 118 - Amostras para ensaio, após o corte, lado interior do tubo, raiz, P_APP_T08 (APPinho, 2014). *132*
Figura 119 - Amostras para ensaio após o corte, lado exterior do tubo, face, P_APP_T08 (APPinho, 2014). *133*
Figura 120 - Fresa convencional utilizada na preparação dos provetes (APPinho, 2014). *133*
Figura 121 - Provetes para ensaio, após maquinagem, vista da face, P_APP_T00 (APPinho, 2014). *134*
Figura 122 - Provetes para ensaio, após maquinagem, vista da raiz, P_APP_T00 (APPinho, 2014). *134*
Figura 123 - Remoção do excesso de material de adição por esmerilamento, P_APP_T06 (APPinho, 2014). *135*
Figura 124 - Remoção do excesso do material de adição por limagem, P_APP_T06 (APPinho, 2014). ... *135*

Figura 125 - Provetes acabados, após remoção do excesso de metal depositado, vista da face, P_APP_T07 (APPinho, 2014). *136*
Figura 126 - Provetes acabados, após remoção do excesso de metal depositado, vista da raiz, P_APP_T07 (APPinho, 2014). *136*
Figura 127 - Realização do pré-aquecimento no teste P_APP_T01 (APPinho, 2014). *138*
Figura 128 – Posicionamento dos tubos na soldadura e acessórios para fazer a purga da amostra P_APP_T01 (APPinho, 2014). *138*
Figura 129 – Montagem típica de um pré-aquecimento na soldadura de tubo (APPinho, 2013). *139*
Figura 130 - Soldadura com pré-aquecimento numa serpentina (APPinho, 2013). *140*
Figura 131 – Montagem de resistência elétrica para a realização do PWHT no teste P_APP_06 (APPinho, 2014) *141*
Figura 132 – Aplicação de isolamento térmico, manta fibra de cerâmica no teste P_APP_T06 (APPinho, 2014) *142*
Figura 133 - Resistências utilizadas no estudo do gradiente térmico, 145 mm e 310 mm (APPinho, 2014). *143*
Figura 134 - Esquema de colocação dos termopares para registo de temperatura durante a experiência. *144*
Figura 135 – Esquema de localização dos termopares considerando o tubo planificado. *144*
Figura 136 - Colocação dos termopares pelo interior do tubo no limite ZTA - MB. Lado esquerdo do tubo A, lado direito do tubo B (APPinho, 2014). *145*
Figura 137 - Tubo com os 12 termopares aplicados, pronto para o ensaio (APPinho, 2014). *145*
Figura 138 – Realização do tratamento térmico com a resistência elétrica de 145 mm (APPinho, 2014). *145*
Figura 139 – Realização do tratamento térmico com a resistência elétrica de 310 mm (APPinho, 2014). *146*
Figura 140 – Escantilhões utilizados na inspeção visual, à esquerda: Digital Weld gauge WG-100, ao centro: V-WAC Gauge, à direita: Three-scale weld gauge (APPinho, 2015). *150*
Figura 141 - Controlo do ângulo do chanfro usando o Digital Weld gauge WG-100, P_APP_T00 (APPinho, 2014) *151*
Figura 142 - Controlo do desalinhamento dos tubos utilizando um escantilhão de soldadura – Three-scale weld gauge, P_APP_T05 (APPinho, 2014). *151*
Figura 143 – Controlo de desalinhamento de soldadura utilizando um escantilhão de soldadura, V-WAC Gauge, P_APP_T05 (APPinho, 2014). *152*
Figura 144 - Controlo de altura do cordão – Digital Weld Gauge, P_APP_T07 (APPinho, 2014). *152*
Figura 145 - Controlo da largura do cordão, V-WAC Gauge, P_APP_T07 (APPinho, 2014) *152*
Figura 146 – Soldadura inspecionada com o auxílio de uma câmara de vídeo, P_APP_T07 (APPinho, 2014) *153*
Figura 147 - Penetração da raiz, P_APP_T07. É possível verificar-se a diferença de relevo entre o metal depositado e o MB, sendo que neste caso tem uma boa penetração (APPinho, 2014). *153*

Figura 148 - Folga na raiz de 3 mm, necessária entre os tubos para que se obtenha uma penetração adequada (APPinho, 2014). *154*
Figura 149 - Colocação de fita de alumínio para impedir a saída do gás de proteção do interior do tubo, P_APP_T10 (APPinho, 2014). *154*
Figura 150 - Produtos utilizados no ensaio por líquidos penetrantes, líquido de limpeza, penetrante e revelador (APPinho, 2015). *156*
Figura 151 – Ensaio por líquidos penetrantes ao chanfro, P_APP_T01. Na imagem é possível analisar o resultado do ensaio, onde se pode verificar-se a ausência de qualquer descontinuidade (APPinho, 2014). *157*
Figura 152 - Aplicação do penetrante na realização do ensaio por líquidos penetrantes no teste P_APP_T01 (APPinho, 2014). *158*
Figura 153 – Resultado do ensaio por líquidos penetrantes no teste P_APP_T01 (APPinho, 2014). *158*
Figura 154 - Aplicação do penetrante nas amostras sujeitas ao ensaio de dobragem do teste P_APP_T04 (APPinho, 2014). *159*
Figura 155 - Resultado do ensaio de líquidos penetrantes nas amostras sujeitas ao ensaio de dobragem do teste P_APP_T04 (APPinho, 2014). *159*
Figura 156 – Equipamentos de raios-X utilizados no ensaio, à esquerda fonte convencional, à direita fonte digital (APPinho, 2015) *160*
Figura 157 - Pelicula de Radiografia na posição 1 ao teste P_APP_T07 (APPinho, 2014). *161*
Figura 158 - Pelicula de Radiografia na posição 2 ao teste P_APP_T07 (APPinho, 2014). *161*
Figura 159 – Verificação da marcação das posições de raio-X ao teste P_APP_T07 (APPinho, 2014). *162*
Figura 160 – Seleção das amostras. Na amostra extraída do tubo, lado esquerdo, pode verificar-se falta de penetração na raiz, logo foi rejeitado. Nas outras duas amostras, a penetração está conforme (APPinho, 2014). *162*
Figura 161 – Durómetro portátil, Krautkramer – MIC 10, utilizado no ensaio de dureza (APPinho, 2015). *164*
Figura 162 - Preparação da superfície de ensaio com um disco "Vortex Rapid Finish" no teste P_APP_T08 (APPinho, 2014). *165*
Figura 163 – Superfície após preparação no teste P_APP_T08 (APPinho, 2014). *165*
Figura 164 - Medição da rugosidade no teste P_APP_T01 (APPinho, 2014). *166*
Figura 165 - Discos utilizados para polimento superficial. Disco de grão 100, esquerda, disco "Vortex Rapid Finish", direita (APPinho, 2014). *166*
Figura 166 – Registo de medição de rugosidade, P_APP_T01 (APPinho, 2015). *166*
Figura 167 - Gráficos de perfil de rugosidade nos ensaios efetuados para comparação dos diferentes polimentos (APPinho, 2015). *167*
Figura 168 – Realização da medição de dureza no teste P_APP_T00 (APPinho, 2014). *167*
Figura 169 - Microdurómetro Shimadzu HSV-20 (APPinho, 2014). *170*
Figura 170 – Polimento das amostras para medição de microdureza, macrografia e micrografia (APPinho, 2014). *171*

Figura 171 – Ataque da amostra para identificação das regiões de soldadura com o reagente Vilella (APPinho, 2014). *171*
Figura 172 – Medição de dureza, teste P_APP_T00 (ISQ, 2014). *172*
Figura 173 – Curva Dureza/Tensão de rotura para aços temperados e revenidos em várias condições de tratamento térmico [105]. *174*
Figura 174 - Microdurómetro Shimadzu Micro Hardness Tester Type-M (APPinho, 2014). *176*
Figura 175 - Esquema de medições da microdureza na secção transversal, a partir do centro de soldadura, P_APP_T01 (APPinho, 2015). *177*
Figura 176 - Esquema de medições, P_APP_T00 (APPinho, 2015). *178*
Figura 177 - Esquema de medições, P_APP_T01 (APPinho, 2015). *180*
Figura 178 - Esquema de medições, P_APP_T02 (APPinho, 2015). *181*
Figura 179 - Esquema de medições, P_APP_T03 (APPinho, 2015). *182*
Figura 180 - Esquema de medições, P_APP_T04 (APPinho, 2015). *183*
Figura 181 - Esquema de medições, P_APP_T05 (APPinho, 2015). *184*
Figura 182 - Esquema de medições, P_APP_T06 (APPinho, 2015). *185*
Figura 183 - Esquema de medições, P_APP_T07 (APPinho, 2015). *186*
Figura 184 - Esquema de medições, P_APP_T08 (APPinho, 2015). *187*
Figura 185 - Esquema de medições, P_APP_T09 (APPinho, 2015). *188*
Figura 186 - Esquema de medições, P_APP_T10 (APPinho, 2015). *189*
Figura 187 - Espectrómetro de emissão ótica, Marca: Spectro, Modelo: Spectrolab M8 (APPinho, 2014). *193*
Figura 188 – Aspeto da faísca característica do processo de análise por espectrometria de emissão ótica, T_07 (APPinho, 2014). *194*
Figura 189 – Scanner utilizado para digitalizar as amostras Hewlett-Packard ScanJet 8200 [107]. *195*
Figura 190 - Aspeto da amostra após digitalização em scanner (APPinho, 2014). *196*
Figura 191 – Analise micrográfica no laboratório do ISQ (APPinho, 2014). *199*
Figura 192 - Microscópio ótico – Carl Zeiss – Axioskop 2 Mat (APPinho, 2014). *199*
Figura 193 - Identificação das regiões, MB1, ZTA1, MF,ZTA2 e MB2 do teste P_APP_T01. ..... *200*
Figura 194 - Equipamento de ensaio de tração, INSTRON-4208 [109]. *209*
Figura 195 - Provetes após ensaio de tração, teste P_APP_T04 (APPinho, 2015). *210*
Figura 196 - Equipamento de ensaio de tração a alta temperatura, INSTRON-8562 (ISQ, 2014). *216*
Figura 197 – Provete após ensaio de tração a 600°C, teste P_APP_T04 (APPinho, 2015). *217*
Figura 198 – Prensa hidráulica para a realização do ensaio de dobragem (APPinho, 2014). *222*
Figura 199 – Aspeto da preparação usada para o ensaio de dobragem (APPinho, 2014). *222*
Figura 200 – Dobragens aplicadas aos testes, teste P_APP_T03 (APPinho, 2014). *223*
Figura 201 – Realização do ensaio por líquidos penetrantes nas amostras sujeitas a dobragem, teste P_APP_T00 (APPinho, 2014). *223*
Figura 202 – Curvatura típica do ensaio, P_APP_T_04 (APPinho, 2014). *224*
Figura 203 – Dobragem realizadas aos provetes do teste P_APP_T00 (APPinho, 2014) *224*

Índice de tabelas

Tabela 1 – Valores mínimos dos elementos para ser considerado elemento liga [3, 4]. 6
Tabela 2 – Diferentes tipos de aços 9-12%Cr, CSEF [17]. 13
Tabela 3 – Designações do material de acordo com determinadas normas [17]. 16
Tabela 4 - Composição Química (% peso) [35]. 21
Tabela 5 – Propriedades mecânicas [35]. 21
Tabela 6 – Designações do aço grau 91 segundo normas internacionais [20]. 22
Tabela 7 - Propriedades físicas e mecânicas para o aço T/P91 [20]. 23
Tabela 8 - Propriedades mecânicas à temperatura ambiente de alguns materiais usados em condições de elevada temperatura [35, 40]. 27
Tabela 9 – Dureza do aço grau 91 em 3 diferentes condições [53]. 38
Tabela 10 - Resistência ao impacto do aço P92 (semelhante ao grau 91) em diferentes estados [2]. 38
Tabela 11 - Composição química (% peso) do grau 22 VS. grau 91 [35]. 44
Tabela 12 – Propriedades mecânicas do grau 22 VS. grau 91 [35]. 45
Tabela 13 - Requisitos de soldadura grau 22 VS. grau 91 [19]. 47
Tabela 14 - Tratamentos térmicos após dobragem a frio [64]. 51
Tabela 15 – Comparação da classe do processo em relação ao material base/adição [70]. 55
Tabela 16 – Abreviaturas e designações dos processos de soldadura [68]. 56
Tabela 17 – Materiais de adição para a de soldadura do aço de grau 91 [13]. 81
Tabela 18 – Especificação para os materiais de adição T/P91, de acordo com ASME/AWS [17, 80]. 82
Tabela 19 – Comparação da composição química (% peso) do material de Grão 91 com os materiais de adição [13, 28, 80]. 82
Tabela 20 – Temperaturas recomendadas pela Kobelco [13]. 87
Tabela 21 - Temperaturas requeridas pelo ASME II Part C, para diferentes processos de soldadura [80]. 87
Tabela 22 - Temperaturas de revenido exigidas pelo ASME II Part C [80]. 90
Tabela 23 - Composição Química (% peso) dos tubos e material de adição utilizados. 99
Tabela 24 - Propriedades mecânicas dos tubos e material de adição utilizados. 99
Tabela 25 - Ciclos térmicos aplicados à soldadura e PWHT, P_APP_T01. 105
Tabela 26 - Ciclos térmicos aplicados à soldadura e PWHT, P_APP_T02. 108
Tabela 27 - Ciclos térmicos aplicados à soldadura e PWHT, P_APP_T03. 109
Tabela 28 - Ciclos térmicos aplicados à soldadura e PWHT, P_APP_T04. 111
Tabela 29 - Ciclos térmicos aplicados à soldadura e PWHT, P_APP_T05. 113
Tabela 30 - Ciclos térmicos aplicados à soldadura e PWHT, P_APP_T06. 114
Tabela 31 - Ciclos térmicos aplicados à soldadura e PWHT, P_APP_T07. 115
Tabela 32 - Ciclos térmicos aplicados à soldadura e PWHT, P_APP_T08. 116
Tabela 33 - Ciclos térmicos aplicados à soldadura e PWHT, P_APP_T09. 117
Tabela 34 - Ciclos térmicos aplicados à soldadura e PWHT, P_APP_T10. 118
Tabela 35 - Lista de aparelhos de soldar utilizados em cada teste. 126
Tabela 36 – Principais características dos aparelhos de soldar, apenas para o processo TIG [91, 92]. ... 127

Tabela 37 - Principais características da Unidade de Tratamentos Térmicos [93]. *128*
Tabela 38 - Parâmetros de soldadura, valores iniciais. *130*
Tabela 39 - Ciclos de pré-aquecimento utilizados. *137*
Tabela 40 - Ciclos de pós-aquecimento e PWHT utilizados *142*
Tabela 41 – Estudo das temperaturas para a resistência de 145 mm: o azul indica o valor de temperatura máximo registada, o verde indica a mínima, o vermelho indica o desvio máximo registado. *147*
Tabela 42 - Estudo das temperaturas para a resistência de 310 mm: o azul indica o valor de temperatura máximo registada, o verde indica a mínima, o vermelho indica o desvio máximo registado. *148*
Tabela 43 - Critérios de aceitação, Norma EN ISO 5817 [95]. *155*
Tabela 44 - Registo de medições na Inspeção Visual. *156*
Tabela 45 - Valores das medições de dureza em Vickers. A cinzento representa as medições de dureza nos testes antes do tratamento térmico. *168*
Tabela 46 – Dureza superficial (HV), média e desvio padrão dos valores – MB1, ZTA1, MF, ZTA2, MB2. *169*
Tabela 47 - Valores das medições de microdureza HV10. A cor verde representa o valor mínimo registado, em cada teste e em cada filiação e a cor azul representa o valor mais elevado. *172*
Tabela 48 - Dureza HV 10, média e desvio padrão dos valores - MB1, ZTA1, MF, ZTA2, MB2. ..... *174*
Tabela 49 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T00. ..... *179*
Tabela 50 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T01. ..... *180*
Tabela 51 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T02. ..... *181*
Tabela 52 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T03. ..... *182*
Tabela 53 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T04. ..... *183*
Tabela 54 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T05. ..... *184*
Tabela 55 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T06. ..... *185*
Tabela 56 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T07. ..... *186*
Tabela 57 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T08. ..... *187*
Tabela 58 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T09. ..... *188*
Tabela 59 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T10. ..... *189*
Tabela 60 – Valores de dureza (HV1) mínimos, média e desvio padrão registados em cada filiação para cada teste. *192*
Tabela 61 - Composição química (% peso) indicada pelos fornecedores dos metais de base e adição utilizados. *194*
Tabela 62 - Análise química do teste P_APP_T_00, face e raiz. *195*
Tabela 63 - Análise do ensaio de macrografia para a globalidade das amostras. *197*
Tabela 64 – Registo das micrografias MB1, ZTA1, MF, ZTA2 e MB2 das diferentes amostras. *201*
Tabela 65 - Valores da Tensão de Cedência, Rotura e Alongamento dos MB, indicada pelo fornecedor. *210*
Tabela 66 - Resultados do ensaio de tração à temperatura ambiente. *211*
Tabela 67 - Ensaio de tração à temperatura ambiente: relação entre os três valores. *214*
Tabela 68 – Resultados obtidos no ensaio de tração à temperatura ambiente em função dos ciclos térmicos. *215*

Tabela 69 – Valores do ensaio de tração dos MB realizados à temperatura de 600°C, indica pelo fornecedor. 217
Tabela 70 – Resultados dos ensaios de tração a alta temperatura..... 217
Tabela 71 – Ensaio de tração a alta temperatura relação entre relação aos 3 valores. 220
Tabela 72 – Resultados obtidos no ensaio de tração a alta temperatura em função dos ciclos térmicos. 221
Tabela 73 – Relação entre ciclos térmicos aplicados à soldadura e ensaios realizados..... 225
Tabela 74 – Testes ordenados de forma decrescente em função dos resultados nos ensaios. 232

Índice de gráficos

Gráfico 1 - Registo da temperatura durante a soldadura, P_APP_T00. 104
Gráfico 2 - Registo da temperatura durante a soldadura e correspondente PWHT, P_APP_T01. 106
Gráfico 3 - Registo da temperatura durante a soldadura e PWHT, P_APP_T02. 108
Gráfico 4 - Registo de temperatura durante a soldadura e PWHT, P_APP_T03. 110
Gráfico 5 - Registo de temperatura durante a soldadura e PWHT, P_APP_T04. 112
Gráfico 6 - Registo de temperatura durante a soldadura e PWHT, P_APP_T05. 113
Gráfico 7 - Registo de temperatura durante a soldadura e PWHT, P_APP_T06. 114
Gráfico 8 - Registo de temperatura durante a soldadura e PWHT, P_APP_T07. 115
Gráfico 9 - Registo de temperatura durante a soldadura e PWHT, P_APP_T08. 116
Gráfico 10 - Registo de temperatura durante a soldadura e PWHT, P_APP_T09. 117
Gráfico 11 - Registo de temperatura durante a soldadura e PWHT, P_APP_T10. 118
Gráfico 12 - Registo de pré-aquecimento e soldadura – P_APP_T01. 139
Gráfico 13 - Registo de soldadura, pós-aquecimento e PWHT – P_APP_T01. 143
Gráfico 14 - Registo de temperaturas do estudo do gradiente térmico. À esquerda, resistência elétrica de 145 mm, à direita resistência elétrica de 310 mm. 146
Gráfico 15 - Registo de temperaturas apenas durante o patamar. À esquerda, resistência elétrica de 145 mm, à direita resistência elétrica de 310 mm. 147
Gráfico 16 – Distribuição da temperatura usando a resistência de 145 mm, na periferia do tubo para a soldadura, ZTA A e ZTA B. 149
Gráfico 17 - Distribuição da temperatura usando a resistência de 310 mm, na periferia do tubo para a soldadura, ZTA A e ZTA B. 149
Gráfico 18 - Medição de dureza superficial. 168
Gráfico 19 - Medição de dureza na secção transversal, valores médios entre a 1ª e 2ª filiação. 173
Gráfico 20 – Estimativa da resistência mecânica no MB /ZTA / MF. 175
Gráfico 21 - Perfil de durezas do teste P_APP_T00. 178
Gráfico 22 - Perfil de durezas do teste P_APP_T01. 180
Gráfico 23 - Perfil de durezas do teste P_APP_T02. 181
Gráfico 24 - Perfil de durezas do teste P_APP_T03. 182
Gráfico 25 - Perfil de durezas do teste P_APP_T04. 183
Gráfico 26 - Perfil de durezas do teste P_APP_T05. 184
Gráfico 27 - Perfil de durezas do teste P_APP_T06. 185
Gráfico 28 - Perfil de durezas do teste P_APP_T07. 186
Gráfico 29 - Perfil de durezas do teste P_APP_T08. 187
Gráfico 30 - Perfil de durezas do teste P_APP_T09. 188
Gráfico 31 - Perfil de durezas do teste P_APP_T10. 189
Gráfico 32 – Valores de dureza mínimos registados em cada filiação na região intercrítica para cada teste. 190

Gráfico 33 – Valores de dureza médios registados em cada filiação na região intercrítica para cada teste. 191
Gráfico 34 - Tensão de cedência medida à temperatura ambiente nos provetes soldados. 212
Gráfico 35 - Tensão de rotura medida à temperatura ambiente nos provetes soldados 212
Gráfico 36 - Alongamento medido à temperatura ambiente nos provetes soldados. 212
Gráfico 37 - Resultados do ensaio de tração realizado à temperatura ambiente. Escala da esquerda representa a tensão de cedência e de rotura, na escala da direita está representado o alongamento. . 213
Gráfico 38 – Tensão de cedência medida a alta temperatura nos provetes soldados. 218
Gráfico 39 – Tensão de rotura medida a alta temperatura nos provetes soldados. 218
Gráfico 40 – Alongamento medido a alta temperatura nos provetes soldados. 219
Gráfico 41 – Resultados do ensaio de tração realizado a alta temperatura. Escala da esquerda representa a tensão de cedência e rotura, na escala da direita está representado o alongamento. 219

Índice

Conteúdo

Lista de Símbolos e Abreviaturas xiii
Glossário de Termos xvii
Índice de figuras xxi
Índice de tabelas xxix
Índice de gráficos xxxiii
Índice xxxv
1. Introdução 1
1.1. Enquadramento 1
1.2. Objetivos 2
1.3. Metodologia 2
1.4. Estrutura 3
2. Revisão Bibliográfica 5
2.1. Aços de Alta-Liga 5
2.1.1. Aços 9-12% Cr 12
2.1.2. Aplicações dos aços 9-12% Cr 15
2.1.3. Aço de Grau 91 19
2.1.4. Elementos de liga do Grau 91 27
2.1.5. Metalurgia 29
2.1.5.1 Microestrutura 29
2.1.5.2 Fluência 36
2.1.5.3. Evolução da microestrutura durante a fluência 37
2.1.6. Precipitados 39
2.1.6.1. $M_{23}C_6$ 39
2.1.6.2. MX 40
2.1.6.3. “Laves-Phase” 41
2.1.6.4. “Z-Phase” 42
2.1.7. Aço grau 91 VS. grau 22 43
2.1.8. Problemas típicos do grau 91 48
2.1.9. Recomendações para eliminar problemas, após etapas de processamento 51
2.2. Soldadura e soldabilidade: breve introdução 53
2.2.1. Processos de soldadura por arco elétrico mais correntes 56
2.2.1.1. Soldadura por Elétrodo Revestido 57
2.2.1.2. Soldadura MIG-MAG 58

2.2.1.3.Soldadura com Fios Fluxados 60
2.2.1.4. Soldadura TIG (GTAW) 62
2.2.1.5. Soldadura por Plasma 63
2.2.1.6. Soldadura por Arco Submerso 65
2.2.2. Soldabilidade 67
2.2.2.1. Soldabilidade dos aços 68
2.2.2.2. Estudos prévios da soldabilidade do aço de Grau 91 72
2.2.2.3. Tipos de fissuração na soldadura 75
2.2.2.4. Materiais de adição 81
2.2.2.5. Pré-aquecimento, temperatura interpasse 83
2.2.2.6 Pós-aquecimento 88
2.2.2.7. Tratamento térmico pós-soldadura – PWHT 89
2.2.2.8. Considerações na realização do PWHT 91
3. Desenvolvimento 95
3.1. Introdução ao trabalho prático desenvolvido 95
3.1.1. Objetivos do trabalho prático 95
3.1.2. Caracterização da empresa 96
3.1.3. Principais propriedades do aço SA213 T91 / SA355 P91 98
3.1.4. Aplicação deste aço na ARSOPI 100
3.2. Estratégia do trabalho prático 102
3.2.1. Plano de ensaios 103
3.2.1.1 Plano de ensaios - Teste P_APP_T00 104
3.2.1.2 Plano de ensaios - Teste P_APP_T01 105
3.2.1.3 Plano de ensaios - Teste P_APP_T02 107
3.2.1.4 Plano de ensaios - Teste P_APP_T03 109
3.2.1.5 Plano de ensaios - Teste P_APP_T04 111
3.2.1.6 Plano de ensaios - Teste P_APP_T05 112
3.2.1.7 Plano de ensaios - Teste P_APP_T06 113
3.2.1.8 Plano de ensaios - Teste P_APP_T07 114
3.2.1.9 Plano de ensaios - Teste P_APP_T08 115
3.2.1.10 Plano de ensaios - Teste P_APP_T09 116
3.2.1.11 Plano de ensaios - Teste P_APP_T10 117
3.2.2. Propriedades que se pretendem analisar 119
3.3. Realização das juntas soldadas 119
3.3.1. Geometria das amostras 119
3.3.2. Execução da preparação das juntas 123
3.3.3. Processo de soldadura selecionado 125
3.3.4. Material de adição selecionado 125

3.3.5. Caracterização dos meios utilizados para a realização das juntas e seus tratamentos 126
3.3.6. Parâmetros selecionados para a realização da soldadura 129
3.3.7. Extração e preparação das amostras para ensaios 131
3.3.8. Ciclos de pré-aquecimento 137
3.3.9. Ciclos de pós-aquecimento e tratamento térmico pós-soldadura (PWHT) 140
3.3.10. Estudo do gradiente térmico na soldadura durante o PWHT 143
3.4 Ensaios realizados para caracterização das juntas soldadas 150
3.4.1. Inspeção visual 150
3.4.1.1. Equipamentos utilizados 150
3.4.1.2. Realização do ensaio 151
3.4.2. Análise por líquidos penetrantes 156
3.4.2.1. Equipamentos utilizados 157
3.4.2.2. Realização do ensaio 157
3.4.3. Análise da junta por raios-X 160
3.4.3.1. Equipamentos utilizados 160
3.4.3.2. Realização do ensaio 161
3.4.4 Análise da dureza na junta e zonas adjacentes 163
3.4.4.1 Dureza superficial 164
3.4.4.1.1. Equipamentos utilizados 164
3.4.4.1.2. Realização do ensaio 164
3.4.4.2 Microdureza medida na secção transversal – MF/ZTA/MB 170
3.4.4.2.1. Equipamentos utilizados 170
3.4.4.2.2. Realização do ensaio 171
3.4.4.3. Microdureza medida na secção transversal – Identificação de pontos macios 176
3.4.4.3.1. Equipamentos utilizados 176
3.4.4.3.2 Realização do ensaio 176
3.4.4.3.3 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T00 178
3.4.4.3.4 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T01 179
3.4.4.3.5 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T02 181
3.4.4.3.6 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T03 182
3.4.4.3.7 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T04 183
3.4.4.3.8 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T05 184
3.4.4.3.9 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T06 185
3.4.4.3.10 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T07 186
3.4.4.3.11 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T08 187

3.4.4.3.12 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T09 188
3.4.4.3.13 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T10 189
3.4.4.3.14 Dureza medida na secção transversal – Análise final..... 190
3.4.5. Análise química..... 193
3.4.5.1. Equipamentos utilizados 193
3.4.5.2. Realização do ensaio..... 194
3.4.6. Análise macrográfica..... 195
3.4.6.1. Equipamentos utilizados 195
3.4.6.2. Realização do ensaio..... 196
3.4.7. Análise Micrográfica..... 199
3.4.7.1. Equipamentos utilizados 199
3.4.7.2. Realização do ensaio..... 200
3.4.7.3 Análise Micrográfica – Registo fotográfico MB1, ZTA1, MF, ZTA2, MB2 200
3.4.7.4 Análise Micrográfica – Analise dos resultados..... 207
3.4.8. Análise da resistência à tração e características associadas 209
3.4.8.1. Tração temperatura ambiente 209
3.4.8.1.1. Equipamentos utilizados 209
3.4.8.1.2. Realização do ensaio..... 210
3.4.8.2 – Tração a alta temperatura 216
3.4.8.2.1. Equipamentos utilizados 216
3.4.8.2.2. Realização do ensaio..... 216
3.4.9. Análise da resistência à dobragem 221
3.4.9.1. Equipamentos utilizados 221
3.4.9.2. Realização do ensaio..... 222
3.5. Análise detalhada dos resultados..... 225
4. Conclusões..... 231
5. Trabalhos futuros 235
6. Bibliografia e Outras Fontes de Informação 237
Anexos 249

1. Introdução

1.1. Enquadramento

A indústria metalomecânica é um dos principais pilares da economia portuguesa, tendo sabido manter uma posição de destaque no mercado nacional e internacional, através da elevada qualidade patenteada pelos seus produtos e serviços, e ainda pela manutenção de preços muito competitivos, em termos europeus.

A construção soldada, por sua vez, tem mantido uma forte importância relativa no sector da metalomecânica, através da construção de torres para a produção de energia eólica, torres de telecomunicações, postes para a distribuição de energia elétrica, apetrechos para o sector agrícola e agropecuário, pontes-rolantes, estruturas para edifícios, fabrico de caixas e básculas para o sector rodoviário, material ferroviário circulante, indústria naval, reservatórios para o tratamento e armazenamento de azeites, vinhos, cervejas, sumos e refrigerantes, cisternas para o sector rodoviário e ferroviário e silos de armazenamento para os mais diversos produtos.

O constante desenvolvimento industrial tem trazido também a esta indústria a necessidade de uma procura constante por novas soluções, na sequência da necessidade de aplicação de novos materiais, o que traz também algumas especificidades aos processos de fabrico requeridos. Essa necessidade de desenvolvimento tem desencadeado uma interessante cooperação entre as empresas e as instituições de ensino, na procura das melhores soluções para os problemas que se levantam com a utilização de determinados materiais e processos.

Este trabalho resulta exatamente de uma dessas situações, em que a ARSOPI – INDÚSTRIAS METALÚRGICAS ARLINDO S. PINHO, S.A. passou a ter a necessidade de executar construção soldada num aço designado segundo o *ASME* (*American Society of Mechanical Engineering*) por SA213T91/SA335P91, que devido às suas características requer cuidados especiais na execução da soldadura. Essa dificuldade, que se traduz habitualmente em defeitos na ligação, poderá ser melhorada através da execução de pré e pós-aquecimentos, assim como de tratamentos térmicos, desde que devidamente estudada a sua influência no processo.

1.2. Objetivos

Perante o quadro anteriormente traçado, este trabalho teve como principal objetivo determinar quais as melhores condições para o estabelecimento de um ciclo térmico no processo de soldadura do aço SA213 T91/SA335 P91, verificando a influência desses mesmos ciclos térmicos nas propriedades da junta soldada.

Para a prossecução do objetivo principal anteriormente referido, tornar-se-á necessário:

- Estabelecer um conjunto de condições de pré-aquecimento a aplicar ao aço e estudar a sua influência no processo;
- Estabelecer um conjunto de condições de pós-aquecimento a aplicar ao aço;
- Estabelecer a melhor sequência para o tratamento térmico final da soldadura, revenido;
- Verificar a necessidade do tempo de transformação da austenite residual;
- Analisar as propriedades mecânicas da liga no material de adição, zona de ligação e zona termicamente afetada;
- Estabelecer qual a metodologia que conduz a melhores resultados no processo de ligação estabelecido.

1.3. Metodologia

A elaboração do presente trabalho seguiu a metodologia que seguidamente se descreve:

- Pesquisa bibliográfica sobre as características da liga, correspondentes diagramas de fases e gama de temperaturas a que se poderão efetuar os tratamentos térmicos;
- Estabelecimento do processo de soldadura a utilizar;
- Seleção do material de adição mais adequado;
- Seleção da geometria da junta mais adequada e definição do tamanho e geometria dos provetes;
- Seleção dos ensaios mais indicados para caracterizar as propriedades das juntas soldadas;
- Elaboração da matriz de ensaios a efetuar;
- Elaboração dos procedimentos a ter em conta em cada análise a efetuar;
- Preparação e acompanhamento da realização das juntas soldadas;
- Realização dos ensaios e compilação dos resultados;
- Análise crítica dos resultados;
- Elaboração das conclusões;
- Redação da presente dissertação.

1.4. Estrutura

A estrutura deste trabalho está assente essencialmente em duas partes: uma Revisão Bibliográfica inicial, onde se pretende enquadrar o leitor com os temas envolvidos nesta dissertação, passando em revista os desenvolvimentos técnicos e científicos que foram publicados em livros e periódicos científicos dedicados à matéria, e o Desenvolvimento do trabalho prático propriamente dito, com referência ao comportamento das juntas soldadas em função do plano gizado para a realização da soldadura.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Aços de Alta-Liga

A necessidade de reduzir as emissões de CO_2 libertadas para a atmosfera para a obtenção de energia, tem vindo a fazer com que surjam grandes desenvolvimentos na tecnologia de obtenção de recursos energéticos. Esses desenvolvimentos traduzem-se na construção de equipamentos cada vez mais eficientes, nos quais se produz mais energia com menos combustíveis. Com isto pretende-se reduzir as emissões de CO_2 e outros gases responsáveis na formação do efeito de estufa. Portanto, devido a esta necessidade de mudança, tem-se desenvolvido materiais capazes de suportar essas alterações significativas no rendimento dos equipamentos [1, 2].

Neste sentido, os aços de alta liga têm um papel cada vez mais importante no fabrico de componentes para equipamentos de produção de energia, sendo que, com a adição dos elementos de liga se consegue obter materiais com boas propriedades a altas e baixas temperaturas, altas pressões, ambientes mais severos e propriedades mecânicas capazes de suportar esforços cada vez mais exigentes.

Para que um aço possa ser considerado de alta liga, terá que possuir na sua composição química, para além do ferro e carbono necessários, um teor total de elementos propositadamente adicionados superior a 5%. Aços com teor de elementos de liga inferior a 5% são considerados aços de baixa liga. Os aços não ligados, também designados por aços sem liga ou ainda aços ao carbono, são aqueles que não possuem qualquer elemento de liga propositadamente adicionado na sua composição química, cujos elementos presentes não ultrapassam determinados teores máximos previamente estabelecidos [3].

São considerados elementos de liga, todos os elementos que tenham sido adicionados intencionalmente a um dado aço, apresentando simultaneamente um teor superior a um determinado valor mínimo admissível, conforme o listado na Tabela 1.

Os elementos de liga têm como função incrementar determinadas propriedades, tais como, resistência mecânica, ao desgaste, à corrosão, oxidação a altas temperaturas e melhorar determinadas aptidões para serem trabalhados por arranque da apara, por exemplo [4].

Tabela 1 – Valores mínimos dos elementos para ser considerado elemento liga [3, 4].

Elemento	Valor limite (mínimo)	Elemento	Valor limite (mínimo)
Alumínio (Al)	0,10	Molibdénio (Mo)	0,10
Cobalto (Co)	0,30	Níquel (Ni)	0,50
Cobre (Cu)	0,35	Silício (Si)	0,50
Crómio (Cr)	0,25	Titânio (Ti)	0,05
Fósforo (P) + Enxofre (S)	0,12	Vanádio (V)	0,05
Manganês (Mn)	1,50	Tungsténio (W)	0,30

Nos dias de hoje, existe uma grande variedade de aços com composições químicas diversificadas. No diagrama da Figura 1 podemos encontrar uma divisão, por família, com as conjugações típicas de elementos de liga nos aços. Existem ainda outras formas de classificar os aços, para além da atrás referida, que são igualmente importantes e de grande utilização em termos industriais, verificando-se que muitos fornecedores preferem utilizar essas divisões, mais direcionadas para a aplicação. Nesta vertente, as classificações são as seguintes [5]:

De acordo com a dureza no estado recozido:

- Extra-macios (C <0,15 %);
- Macios (0,15 % <C <0,30 %);
- Meio-macios (0,30 % <C <0,40 %);
- Meio-duros (0,40 % <C <0,70 %);
- Duros (0,60 % <C <0,70 %);
- Extra-duros (C> 0,70 %).

Conforme o grau de desoxidação:

- Efervescentes (O <0,03 %);
- Semi-calmados (O <0,01 %);
- Calmados (O <0,008 %).

Conforme a microestrutura:

- Ferríticos;
- Perlíticos;
- Bainíticos;
- Martensíticos;
- Austeníticos;
- Ledeburíticos (alto teor de C e Cr).

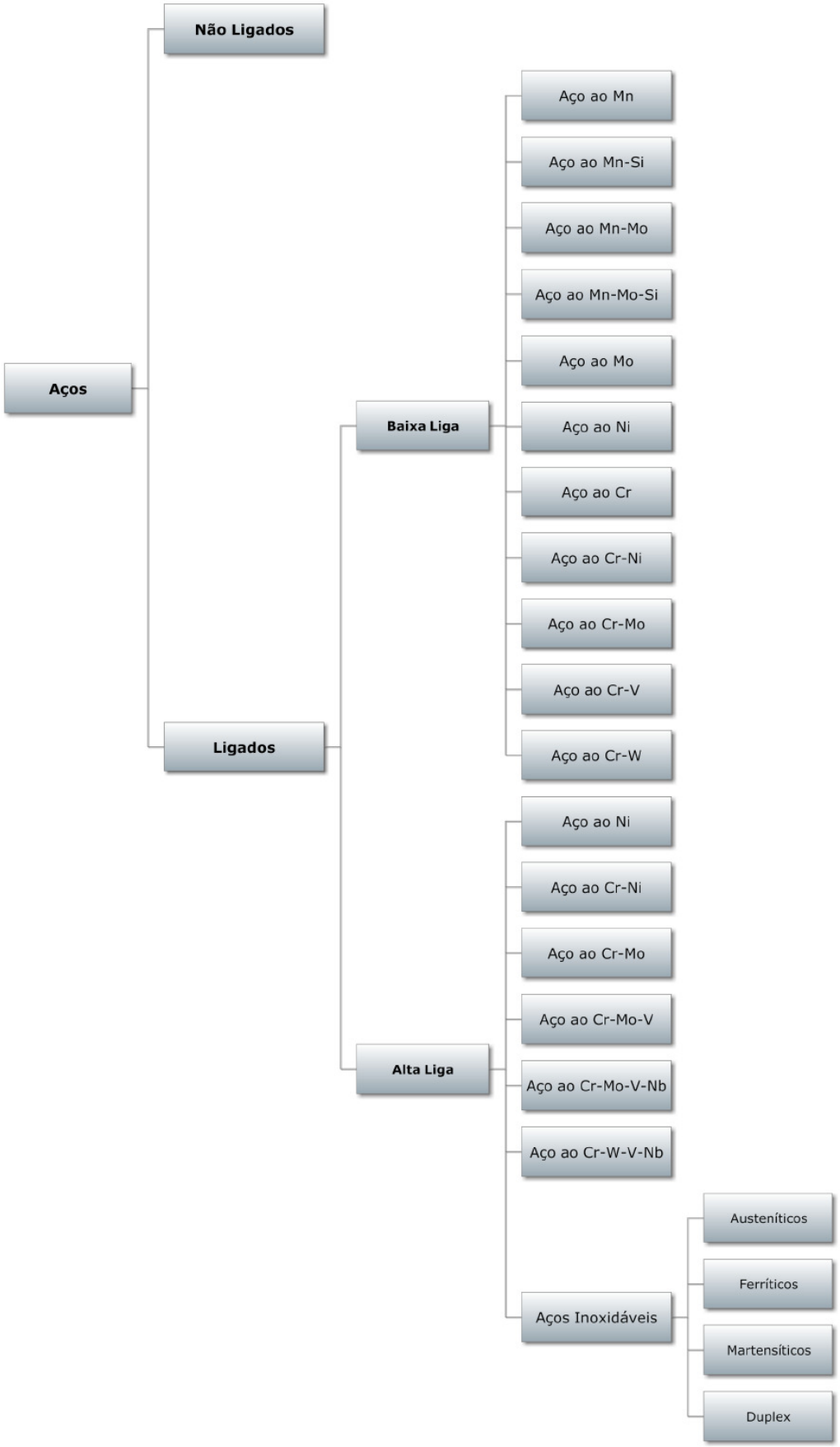


Figura 1 - Classificação dos aços por família (APPinho, 2014).

Segundo a sua utilização:

- Aços de construção (chapa de aço macio, varão para betão armado e pré-esforçado, material ferroviário, órgãos de máquinas, estruturas);
- Aços para ferramentas/matrizes, moldes, punções, brocas, fresas).

Os aços ligados, são materiais que, de acordo com os elementos de liga constituintes, são usados para aplicações de maior exigência. Estes aços podem ser identificados como [5]:

- Aços resistentes à corrosão;
- Aços resistentes à oxidação a quente;
- Aços resistentes à fluência;
- Aços para rolamentos;
- Aços para ferramentas;
- Aços de construção mecânica;
- Aços para reservatórios sob pressão;
- Aços com propriedades físicas especiais.

Os aços de alta liga são usados em aplicações onde são requeridas maiores exigências, quando comparados com aplicações típicas dos aços de baixa liga. Estas aplicações vão desde a indústria naval à indústria petrolífera, aeronáutica e nuclear, passando por muitas outras também presentes no nosso quotidiano.

As altas percentagens de elementos de liga têm como função o incremento de propriedades mecânicas, conferir boa resistência, quer a altas quer a baixas temperaturas e, no caso dos aços inoxidáveis, atribuir boas propriedades de resistência à corrosão. Tem como aspetos negativos o preço e a soldabilidade, devido aos teores de elementos de liga, principalmente como consequência da inclusão de elementos como o Níquel e o Crómio [3].

As aplicações industriais mais comuns são:

- Reservatórios sob pressão;
- Colunas;
- Reatores;
- Caldeiras de recuperação ou de potência;
- Permutadores de calor;
- Ciclones;
- Sobre-aquecedores (*Superheater*).

Seguidamente poderão ser observadas algumas imagens relativas a aplicações típicas deste tipo de aços.

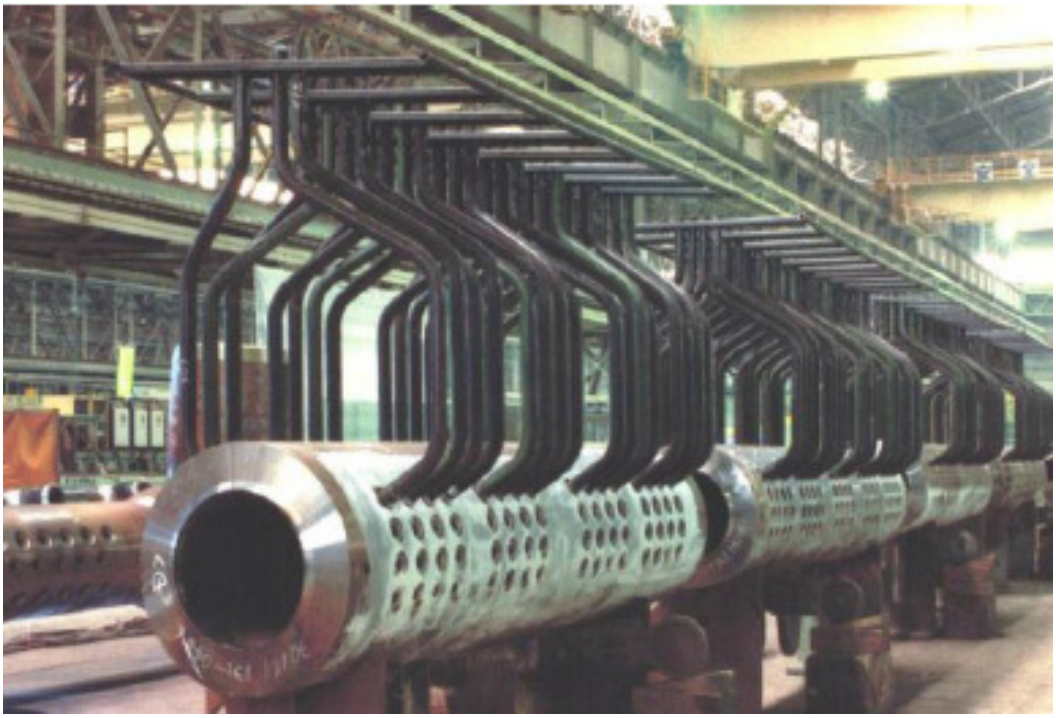


Figura 2 - Coletor de uma Caldeira, material grau 91 [6].



Figura 3 - Serpentina de um sobre – aquecedor "*Superheater*" [7].



Figura 4 – Turbo - gerador de uma central de energia a carvão na Malásia [8].



Figura 5 - Permutador de calor [9].



Figura 6 – Caldeiras de recuperação de energia, *HRSG* (*Heat recovery steam generator*) [10].



Figura 7 – Central de energia com caldeiras em torre ultra-super-criticas na Republica Checa [8].

2.1.1. Aços 9-12% Cr

No âmbito do desenvolvimento de materiais capazes de suportar as exigências do mercado, surgiu este grupo de materiais, que são aços resistentes ao calor com 9-12%Cr. Foram aperfeiçoados para aplicações de natureza mais severa, que envolve altas pressões e temperaturas, como por exemplo em centrais de produção de energia. É possível aumentar-se a eficiência térmica destas centrais e com isto a redução dos custos pela diminuição do consumo de combustíveis. No entanto, este aumento de eficiência térmica implica também o aumento das temperaturas e pressão de serviço dos equipamentos que operam nessas instalações, como por exemplo caldeiras. As caldeiras supercríticas podem atingir temperaturas na ordem dos 538°C e pressões na ordem dos 24 MPa. As caldeiras Ultra-Super-Críticas podem atingir temperaturas de 650°C e pressões de 37 MPa [11-13].

No entanto é necessário ter materiais que suportem estas condições de trabalho. Foi neste sentido que surgiram os aços com 9-12%Cr, materiais resistentes ao calor com uma estrutura ferrítica/martensítica. Estes materiais são aços ferríticos cuja resistência à fluência é melhorada por uma precisa condição da microestrutura martensítica revenida, que é obtida através dos tratamentos térmicos adequados por precipitação controlada de carbonetos e carbonitretos. A exposição em ambientes que envolvem altas temperaturas faz com que estes materiais, durante essa exposição, apresentam uma estabilidade na sua microestrutura [14-16].

Em determinada bibliografia, os materiais do tipo 9-12%Cr aparecem designados por *CSEF (Creep strenght-enhanced ferritic*.) que é a sigla em inglês para designar os aços ferríticos com resistência à fluência melhorada. Todos estes materiais partilham entre si uma grande percentagem de crómio que desempenha uma importante função nas propriedades da liga, uma vez que aumenta a temperabilidade, facilita a precipitação de carbonetos e reduz a formação da ferrite em placas. Isto porque parte do teor do crómio é dissolvido na matriz e a restante associa-se ao carbono dando origem aos carbonetos. Estes, por sua vez, aumentam o poder de corte e a resistência ao desgaste [3, 15].

São materiais com ótimas propriedades térmicas, físicas e propriedades mecânicas, a temperaturas elevadas, que são conseguidas através da sua composição química pela adição de determinados elementos como o Tungsténio, Vanádio ou Boro. As composições químicas para estes materiais estão descritas na Tabela 2 [17].

Tabela 2 – Diferentes tipos de aços 9-12%Cr, *CSEF* [17].

Especificação dos materiais de base (% peso)						
Elemento	**P91**	**P92**	**E911**	**T23**	**T24**	**P122**
C	0,08–0,12	0,07–0,13	0,10–0,13	0,04–0,10	0,05–0,10	0,07–0,14
Mn	0,30–0,60	0,30–0,60	0,30–0,60	0,10–0,60	0,30–0,70	0,30–0,70
Si	0,20–0,50	<0,50	0,10–0,30	<0,50	0,15–0,45	<0,50
S	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
P	<0,020	<0,020	<0,020	<0,030	<0,020	<0,020
Cr	8,00–9,50	8,50–9,50	8,50–9,50	1,90–2,60	2,20–2,60	10,00–12,50
Ni	<0,40	<0,40	(<0,40)	—	—	<0,50
Cu	—	—	—	—	—	0,30–1,70
Mo	0,85–1,05	0,30–0,60	0,90–1,10	0,05–0,30	0,90–1,10	0,25–0,60
W	–	1,50–2,00	0,90–1,10	1,45–1,75	—	1,50–2,50
V	0,18–0,25	0,15–0,25	0,15–0,25	0,20–0,30	0,20–0,30	0,15–0,30
Nb	0,06–0,10	0,04–0,09	0,06–0,10	0,02–0,08	—	0,04–0,10
N	0,03–0,07	0,03–0,07	0,05–0,08	<0,030	<0,012	0,040–0,10
B	—	10-60 ppm	—	5-60 ppm	15-70 ppm	<0,005
Al	<0,040	<0.040	—	<0,030	<0,020	<0,040
Ti	—	—	—	—	0,05–0,10	—

Fazendo uma pequena comparação entre os aços apresentados com o aço T/P 91, material em estudo neste trabalho, pode ser dito que:

- P92: Semelhante ao P91, mas com 0,5% Mo e 1,7% W;
- E911: Semelhante ao P91, mas com 1% W;
- P122: Como o P92, mas com 11% Cr e 1% Cu;
- T23: Semelhante ao P22, mas com cerca de 2% W;
- T24: Semelhante ao P22, mas com V + Ti + B.

Na Figura 8, encontra-se a comparação dos materiais do Grau 22, 23, 24 e 91 para diferentes temperaturas, em termos de resistência à fluência ao fim de 1000 horas, onde se verifica que o aço de grau 91 é o mais resistente. Na Figura 9, encontra-se uma comparação similar mas para um tempo de fluência de 100.000 horas. Na Figura 10, pode ser verificado o valor da resistência à fluência a 600°C ao fim de 100.000 horas.

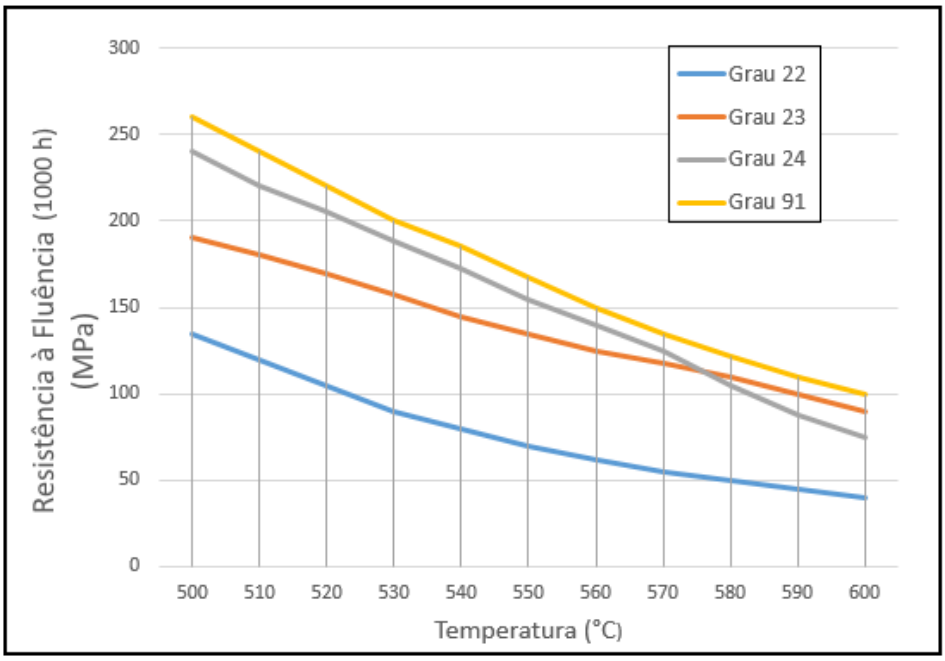


Figura 8 - Comparação da resistência à fluência do T/P22, T/P23, T/P24, T/P91 [17].

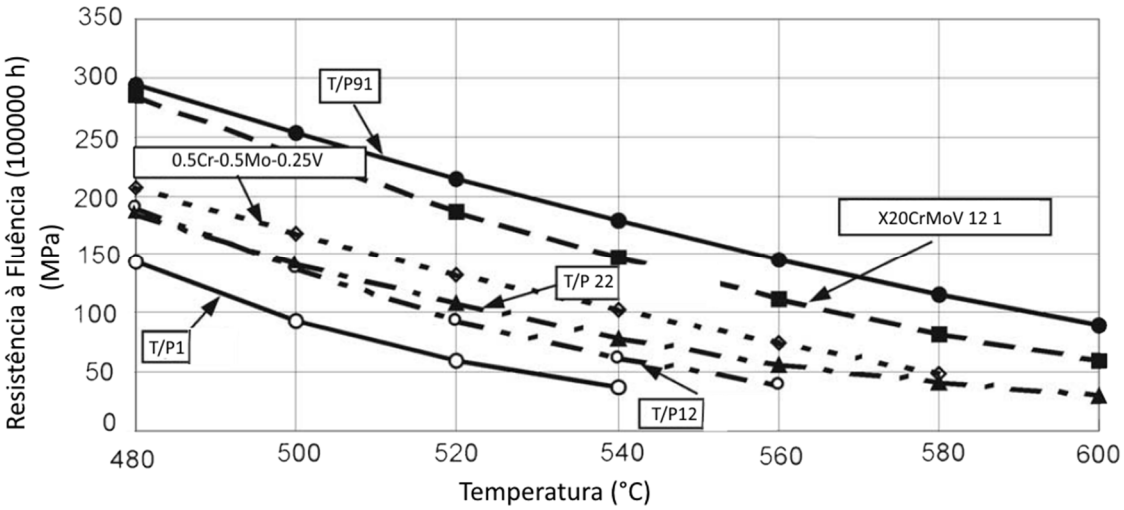


Figura 9 – Resistência à fluência de vários aços para trabalho a alta temperatura [18].

Na Tabela 3 encontram-se designações aplicáveis para os diferentes graus dos materiais, de acordo com várias normas. No anexo I, pode ser encontrada uma tabela semelhante, mas com referência a outros aços CrMo.

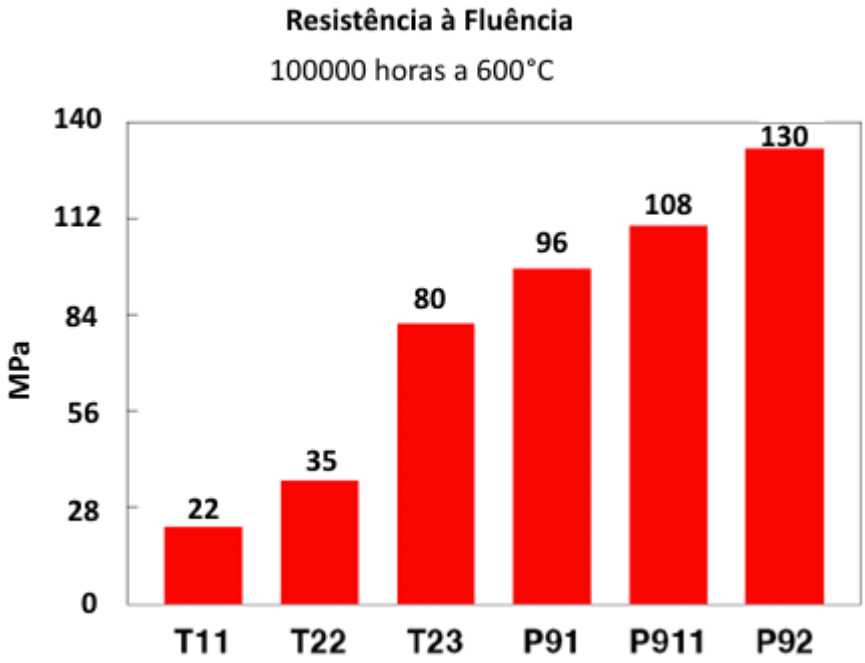


Figura 10 – Níveis de resistência à fluência de vários materiais [19].

2.1.2. Aplicações dos aços 9-12% Cr

Estes materiais, como já referido, são resistentes a elevadas temperaturas e altas pressões, tendo assim um bom comportamento à fluência. São utilizados no fabrico de componentes que estão em contacto direto com alta temperatura e altas pressões. Os produtos tipicamente fabricados com estes materiais são serpentinas, caldeiras de recuperação de calor (*HRSG)*, caldeiras de geração de energia, coletores, permutadores de calor, reatores, sobre-aquecedores, rotores para bombas e turbinas, tubagens de ligação, espelhos, queimadores, resistências e condensadores. Estes equipamentos estão presentes em centrais de geração de energia, logo representam um papel importantíssimo no nosso dia-a-dia, pois são os responsáveis pela energia que necessitamos para desempenhar as ações no nosso quotidiano [12, 20-22].

Como apresentam boas características no que respeita à resistência à corrosão e à oxidação, assim como boa condutividade térmica, são ideais para aplicações na indústria química, petroquímica e nuclear. No anexo II encontra-se uma lista de materiais que também podem ser encontrados em aplicações similares [23].

Tabela 3 – Designações do material de acordo com determinadas normas [17].

Grau / Liga	Código / Norma	Especificação ou designação
91	*ASTM*	A 213 T91 (*seamless tubes*) A 335 P91 (*seamless pipes*) A 387 Gr 91 (*plates*) A 182 / A336 F91 (*forgings*) A 217 C12A (*castings*) A 234 WP91 A 369 FP91
	DIN/EN	EN 10222-2; 1.4903 (X10CrMoVNb 9-1)
	BS	1503 Gr 91
	AFNOR	NF A-49213/A-49219 Gr TU Z 10 CDVNb 09-01
911	*DIN*	1.4905 (X11CrMoWVNb 9 1 1) G-X12CrMoWVNbN 10 1 1 (*cast*)
92	*ASTM*	A 213 T92 (*seamless tubes*) A 335 P92 (*seamless pipes*) A 387 Gr 92 (*plates*) A 182 F92 (*forgings*) A 369 FP92 (*forged & bored pipe*)
	EN	X10CrWMoVNb 9-2
	Japão	Nf 616 KA-STPA29 (*pipe*) KA-SFVAF29 (*forging*) KA-STBA29 (*tube*)
122	Japão	HCM12A HCM12, KA-SUS410J2TB
T23	*ASTM*	A 213 T23 (*seamless tubes*)
	Japão	HCM2S KA-STPA24J1 (*pipe*) KA-SFVAF22AJ1 (*forging*) KA-STBA24J1 (*tube*)
T24	Alemanha	7 CrMoVTiB 10-10

Na Figura 11, encontra-se uma representação de uma caldeira onde se podem observar determinados componentes que estão sujeitos a altas temperaturas. Na Figura 12, encontra-se a representação esquemática do ciclo combinado utilizado numa central de recuperação de energia, onde se pode obter uma ideia da quantidade de componentes que esta estrutura comporta. Na Figura 13, está representada a fase de fabrico de um componente para um *HRSG*, enquanto na Figura 14 é possível ver a dimensão e ter uma noção da quantidade de material utilizada no fabrico do equipamento.

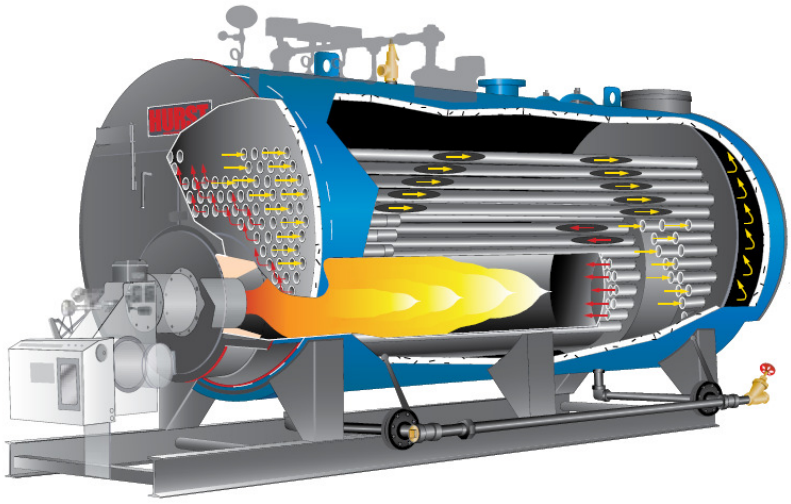


Figura 11 – Caldeira com queimador a gás ou óleo, ou mistura dos dois componentes [24].

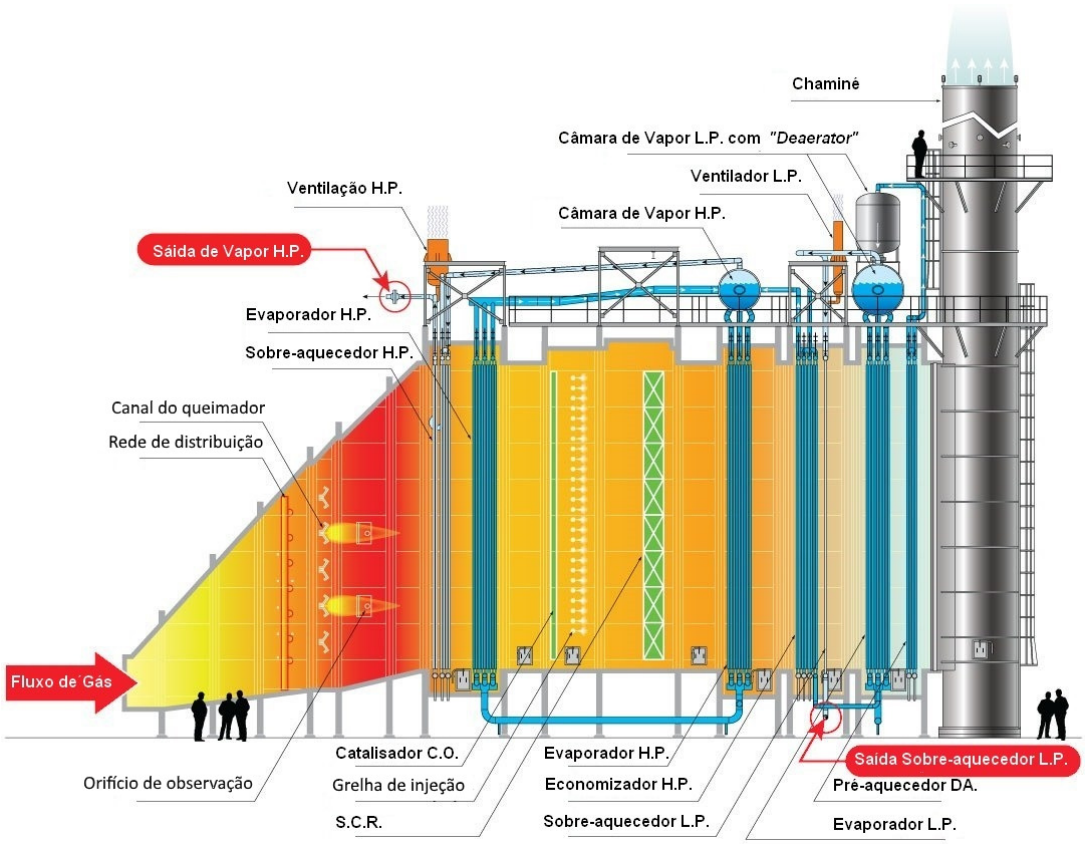


Figura 12 – Representação do ciclo combinado de um *HRSG* (imagem adaptada pelo autor) [25].



Figura 13 – Componente de um *HRSG* (Tubagem, serpentinas, coletores) [26].



Figura 14 – Heat Recovery Steam Generator, *HRGS* [26].

2.1.3. Aço de Grau 91

O aço de grau 91 é do grupo dos aços 9-12% Cr que foi desenvolvido para ser utilizado em condições de fluência. Foi originalmente desenvolvido durante a década de 80, pelo *ORNL (Oak Ridge National Laboratory)* para aplicações em reatores, passando depois a ser utilizado em sobre-aquecedores de caldeiras de energia, em substituição dos aços inoxidáveis da série 300. Foi introduzido no mercado no início dos anos 90 para substituir os aços ferríticos de baixa liga que eram habitualmente utilizados. Atualmente, este material é utilizado em diversas aplicações, sobretudo em componentes para centrais de energia. Hoje em dia, já se possui bastante informação sobre a capacidade deste material, sabendo-se que garante uma boa resistência à rotura até 100.000 horas de utilização a uma temperatura de 600°C [14, 27-32].

O aço de grau 91 é um aço Crómio-Molibdénio martensítico, microligado com Vanádio e Nióbio, tendo um teor de Azoto controlado. Na condição de acabado de soldar, a sua microestrutura é constituída por martensite dita fresca. Esta martensite fresca, não revenida, é dura e bastante quebradiça. A sua tenacidade é baixa sendo o material propício a fissuração induzida por corrosão sob tensão. Estas propriedades da martensite fresca são desfavoráveis para o material, no entanto, o revenido faz com que todas estas propriedades se tornem favoráveis, obtendo-se assim as condições de serviço requeridas [16].

O aço de grau 91 é adequado para condições de alta temperatura e pressão, 600°C/30 MPa, podendo ir em certos casos aos 650°C. Pode ser soldado pelos processos de arco elétrico mais correntes, como por exemplo, *TIG* (*Tungsten inert gas*), SER (Soldadura por elétrodo revestido), *MIG-MAG* (*Metal inert gas and Metal active gas*), Fios fluxados e Arco Submerso. Como resultado dos ciclos de temperaturas gerados durante a soldadura, ocorre o aumento de locais de dureza no metal depositado e nas proximidades da ZTA (Zona termicamente afetada). Este aumento de dureza deve ser reduzido com um tratamento térmico após soldadura, *PWHT* (*Post weld heat treatment*). A fim de alcançar a estrutura martensítica mais favorável, o primeiro passo é a transformação completa em martensite na soldadura, que pode ser obtida arrefecendo a soldadura até abaixo da temperatura correspondente ao final da transformação da martensite, M_f (*martensite finish*), mas sempre antes do revenido. A otimização das propriedades do material são alcançadas no revenido a uma temperatura que geralmente ronda os 750 – 765°C [22, 33, 34].

Como já referido, o material 9Cr-1Mo, é um aço de alta liga do tipo CrMoVNb, grau 91, que será o alvo de estudo deste trabalho. De acordo com o código *ASME*, este material poderá assumir as seguintes designações [35]:

SA 213 T91 – *Seamless Ferritic and Austenitic Alloy-Steel Boiler, Superheater and Heat-Exchanger Tubes*;

SA 335 P91 - *Seamless Ferritic Alloy-Steel Pipe for High-Temperature Service*;

SA 387 Grade 91 - *Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, Chromium- Molybdenum*;

SA 182 F91 – *Forged or Rolled Alloy and Stainless Steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for High-Temperature Service*;

SA234 WP91 – *Piping Fittings of Wrought Carbon Steel and Alloy Steel for Moderate and High-Temperature Service*;

SA336 F91 – *Alloy Steel Forgings for Pressure and High-Temperature Parts*;

SA369 FP91 – *Carbon and Ferritic Alloy Steel Forged and Bored Pipe for High-Temperature Service*.

O Código *ASME* tem como documentos de referência as normas *ASTM (American Society for Testing and Materials)*, onde as designações são exatamente as mesmas, variando apenas o "S". A parte final da designação está relacionada com o grau do material, grau 91, sendo que a letra "T", para o SA 213, designa "*tube*" e a letra "P", para o caso do SA 335, designa "*pipe*". A designação SA387 *Grade* 91 é fornecida em forma de placas ou chapa. Para os restantes casos o "F" e "FP" indicam produtos forjados, assim como o "WP" [29, 36, 37].

As duas primeiras designações são referentes a tubos, sendo que a diferença entre "*tube*" e "*pipe*" é que o *tube* é geralmente usado para âmbitos estruturais onde o diâmetro exterior é importante. O tamanho do *tube* é especificado por um diâmetro exterior (*OD- outside diameter*) rigoroso e a espessura da parede (*WT – Wall thickness*), ou seja, tolerâncias dimensionais mais apertadas, sendo que a resistência do *tube* depende da espessura da parede. O *pipe* é mais utilizado para transporte de gases ou fluidos, sendo que o diâmetro interior é o mais importante. O *pipe* é especificado pelo tamanho nominal, *NPS* (*Nominal Pipe Size)*. O *tube* é geralmente mais caro do que o *pipe* devido às tolerâncias de fabrico mais apertadas [38].

Os materiais, em termos de composição química, têm praticamente a mesma composição, variando apenas o seu processo de obtenção: laminagem, trefilagem, extrusão ou forjamento.

Nas tabelas seguintes podem ser observadas as composições químicas, Tabela 4, e as propriedades mecânicas, Tabela 5, requeridas pelo Código *ASME* para os materiais atrás referidos.

Tabela 4 - Composição Química (% peso) [35].

Elemento	Designação do material (*ASME II*)						
	SA 213 T91	**SA 335 P91**	**SA 387 Gr.91**	**SA 182 F91**	**SA 234 WP 91**	**SA 336 F91**	**SA 369 FP91**
C	0,07-0,14	0,08-0,12	0,08-0,12	0,08-0,12	0,08-0,12	0,08-0,12	0,08-0,12
Mn	0,30-0,60	0,30-0,60	0,30-0,60	0,30-0,60	0,30-0,60	0,30-0,60	0,30-0,60
P	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,025	0,025
S	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,025	0,025
Si	0,20-0,50	0,20-0,50	0,20-0,50	0,20-0,50	0,20-0,50	0,20-0,50	0,20-0,50
Cr	8,0-9,5	8,00-9,5	8,00-9,5	8,0-9,5	8,0-9,5	8,0-9,5	8,0-9,5
Mo	0,85-1,05	0,85-1,05	0,85-1,05	0,85-1,05	0,85-1,05	0,85-1,05	0,85-1,05
V	0,18-0,25	0,18-0,25	0,18-0,25	0,18-0,25	0,18-0,25	0,18-0,25	0,18-0,25
N	0,03-0,07	0,03-0,07	0,03-0,07	0,03-0,07	0,03-0,07	0,03-0,07	0,03-0,07
Ni	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Al	0,02	0,02	0,020	0,020	0,020	0,020	0,040
Ti	0,01	0,01	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Zr	0,01	0,01	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Nb	0,06-0,10	-----	----	----	----	----	----
Concentrações máximas, exceto quando indicados os limites							

Tabela 5 – Propriedades mecânicas [35].

	Designação do material (*ASME II*)						
Propriedade	**SA 213 T91**	**SA 335 P91**	**SA 387 Gr.91**	**SA 182 F91**	**SA 234 WP 91**	**SA 336 F91**	**SA 369 FP91**
Tensão Cedência (MPa)	415	415	415	415	415	415	415
Tensão Rotura (MPa)	585	585	585-760	620	585-760	585-760	585
Along. (%)	20	20	18	20	20	20	20
Dureza	<265 HV	<265 HV	------	190-248 HB	248 HB	------	-------
Normalização	1040-1080°C						
Revenido	730-800°C						
Valores mínimos, exceto quando indicados os limites							

Acima, apenas foram descritas algumas designações para diferentes tipos de aplicações deste material, distinguidas pelo código ASME. No entanto, existem mais designações referidas por outras normas, como se pode verificar na Tabela 6.

Tabela 6 – Designações do aço grau 91 segundo normas internacionais [20].

Especificação e grau	País	Descrição
A 213 T91	*USA*	*Seamless ferritic and austenitic alloy-steel boiler, superheater, and heat-exchanger tubes.*
A 335 P91	*USA*	*Seamless ferritic alloy-steel pipe for high-temperature service.*
A 387 GR91	*USA*	*Pressure vessel plates Alloy-steel chromium-molybdenum.*
A 182 F91	*USA*	*Forged or rolled alloy-steel pipe Flanges, forged fittings and valves and parts for high-temperature service.*
A 234 WP91	*USA*	*Piping fitting of wrought carbon steel and alloy for moderate and elevated temperature.*
A 200 T91	*USA*	*Seamless ferritic alloy-steel tubes for refinery service.*
A 336 F91	*USA*	*Steel forgings, alloy for pressure and high-temperature parts.*
A 369 FP91	*U.S.A*	*Carbon and ferritic steel forged and bored pipe for high-temperature service.*
NF A 49213 Grade TU Z 10CDVNb 09-01	*France*	*Hot finished and cold drawn seamless ferritic alloy-steel boiler – superheater and heat-exchanger tubes.*
NF A 49219 Grade TU Z 10CDVNb 09-01	*France*	*Hot finished and cold drawn seamless tubes and pipe for refinery service.*
DIN 17 175 VdTUV 511/2 X10CrMoVNb9-1	*Germany*	*Seamless tubes of heat-resistant steels Technical conditions of delivery.*
BS 3604-2 *Grade* 91	*UK*	*Steel pipe and tubes for pressure purpose, ferritic alloy steel with specified elevated temperature properties.*
BS 3059-2 *Grade* 91	*UK*	*Steel boiler and superheater tubes Part 2 specification for carbon alloy and austenitic stainless steel tubes with specified elevated temperature properties.*
EN 10 216-2 X10CrMoVNb9-1	*Europe*	*Seamless steel tubes for pressure purposes – Technical delivery conditions.*

Na Tabela 7 poderá ser encontrada a variação de algumas propriedades físicas em função da temperatura para o aço de grau 91.

Tabela 7 - Propriedades físicas e mecânicas para o aço T/P91 [20].

Temperatura (°C)	Módulo de elasticidade (GPa)	Condutividade Térmica (W/m.K)	Coeficiente expansão linear (10^{-6}/°C)	Calor específico (J/kg.K)	Densidade (kg/m^3)
20	218	26	0,0	440	7770
50	216	26	10,6	460	
100	213	27	10,9	480	
150	210	27	11,1	490	
200	207	28	11,3	510	
250	203	28	11,5	530	
300	199	28	11,7	550	
350	195	29	11,8	570	
400	190	29	12,0	600	
450	186	29	12,1	630	
500	181	30	12,3	660	
550	175	30	12,4	710	
600	168	30	12,6	770	
650	162	30	12,7	860	

Na Figura 15, é possível verificar- se a evolução de algumas propriedades mecânicas, tais como tensão de cedência, tensão de rotura e impacto em função da temperatura. Verifica-se que tanto a tensão de cedência coma a tensão de rotura vão baixando com o aumento da temperatura. No entanto com o impacto acontece o inverso [20].

Num ensaio realizado através de um envelhecimento artificial, foram colocados provetes às temperaturas de 500ºC, 600ºC e 650°C desde as 100 horas de utilização até as 30.000 horas, onde foram obtidos resultados demostrados na Figura 16, para a tensão de cedência, rotura, impacto e alongamento [20].

Na Figura 17, estão representados os resultados da tensão de rotura por fluência para três diferentes temperaturas. Pode ser encontrado o valor da tensão de rotura para uma dada temperatura, de acordo com um determinado intervalo de tempo [20].

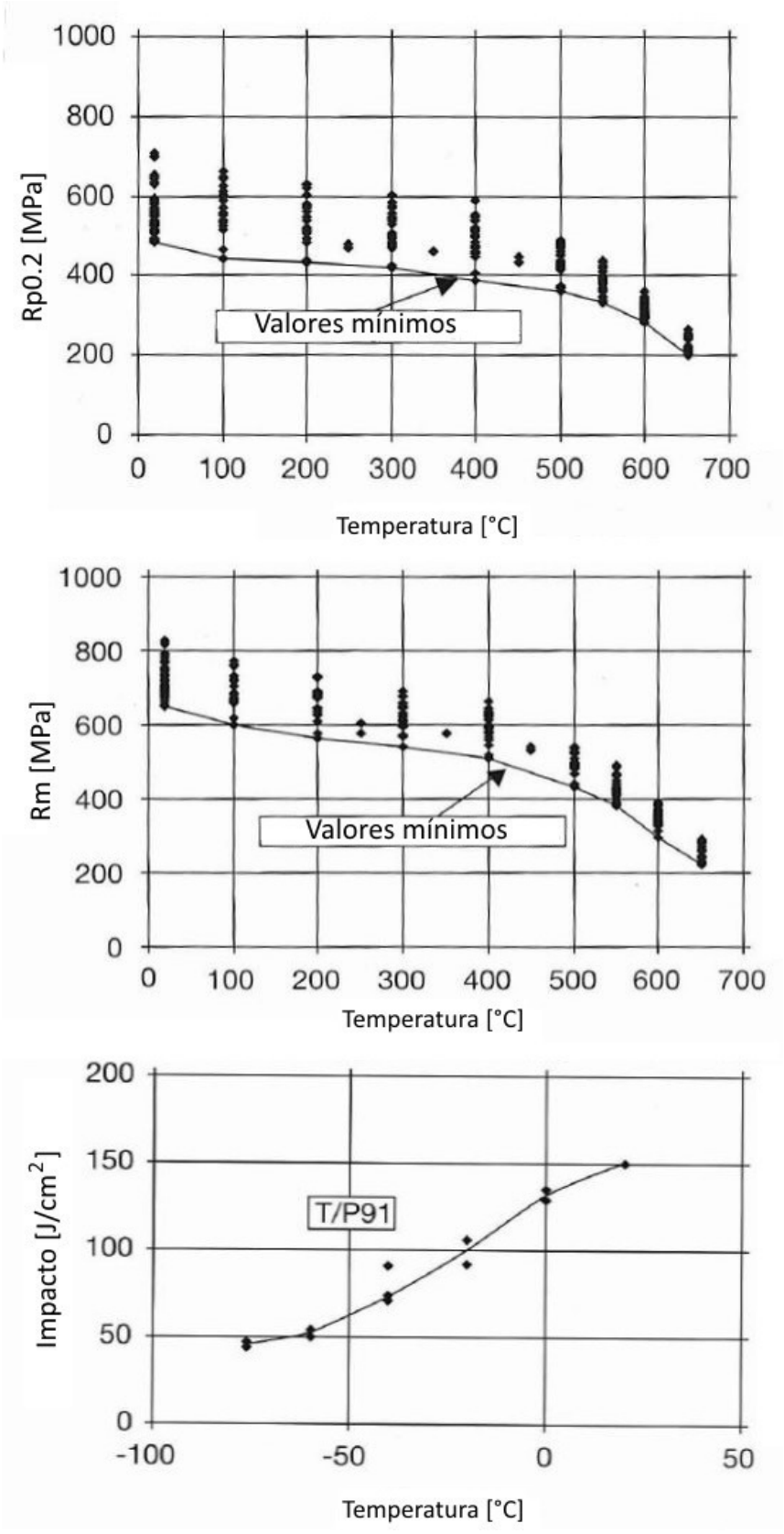


Figura 15 – Tensão de Cedência, Tensão de Rotura e Impacto *VS*. Temperatura [20].

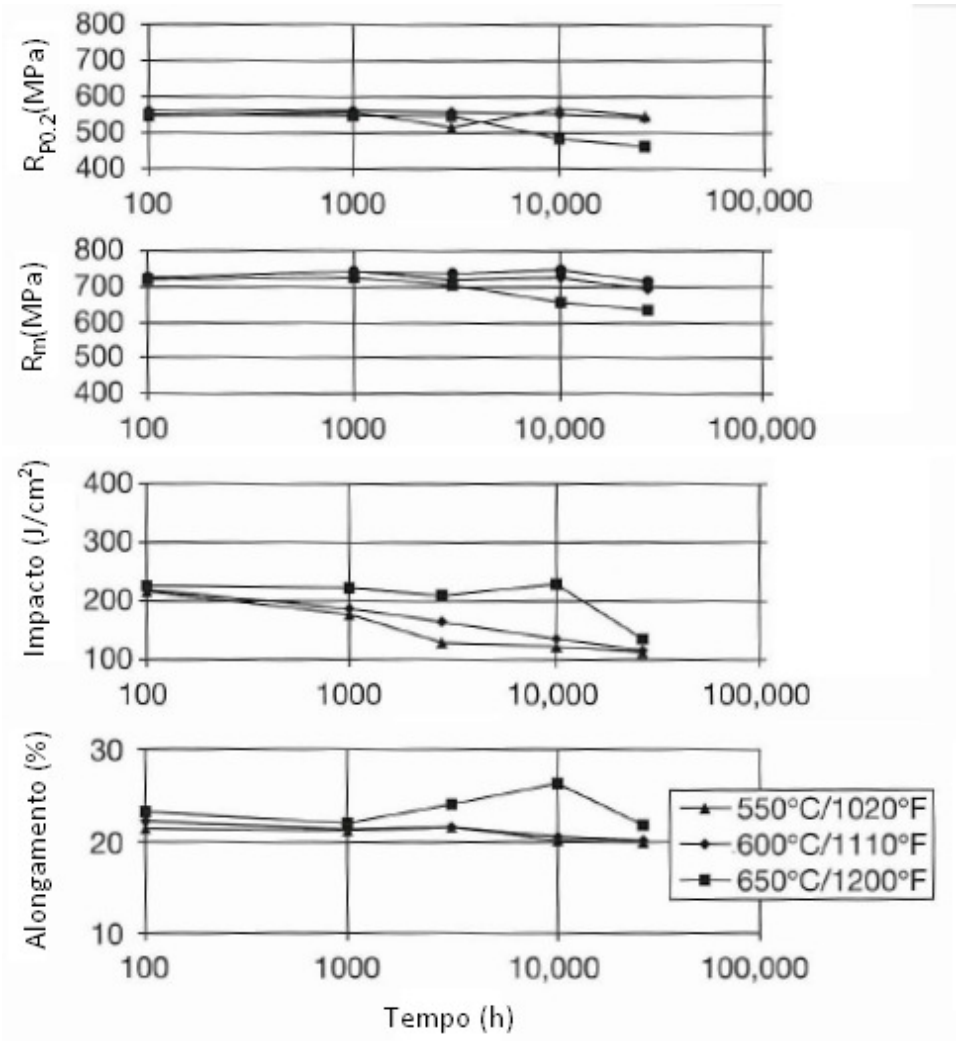


Figura 16 - Resultados após envelhecimento [20].

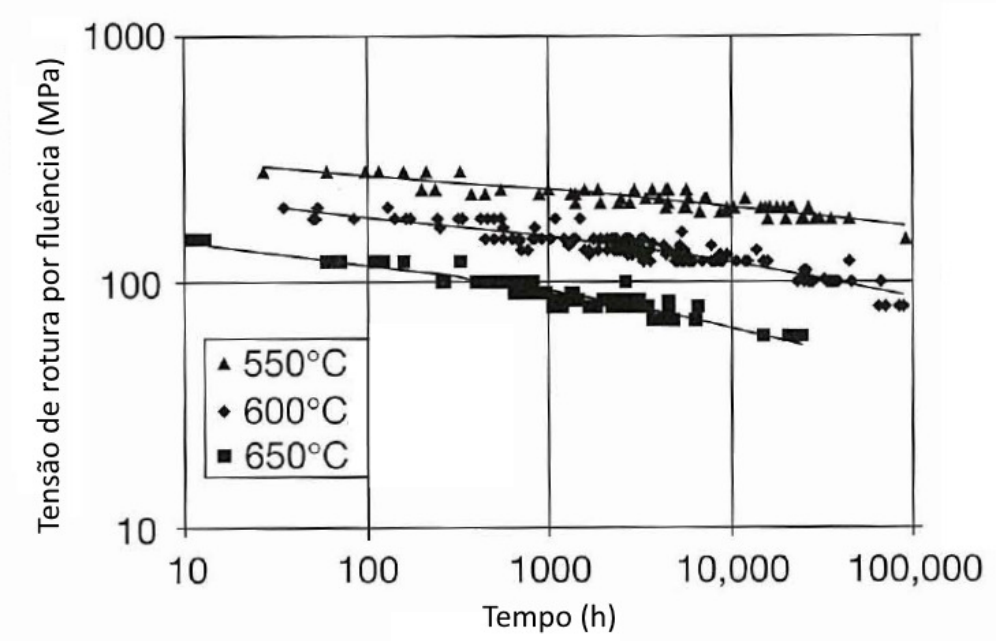


Figura 17 – Resultado de ensaio de fluência no aço T/P91 a três diferentes temperaturas [20].

Na Figura 18 é possível comparar o aço T/P91 com outros materiais que são também utilizados no fabrico de componentes similares, onde pode ser observado que para uma temperatura de 600°C, o aço T/P91 é aquele que suporta maior tensão admissível.

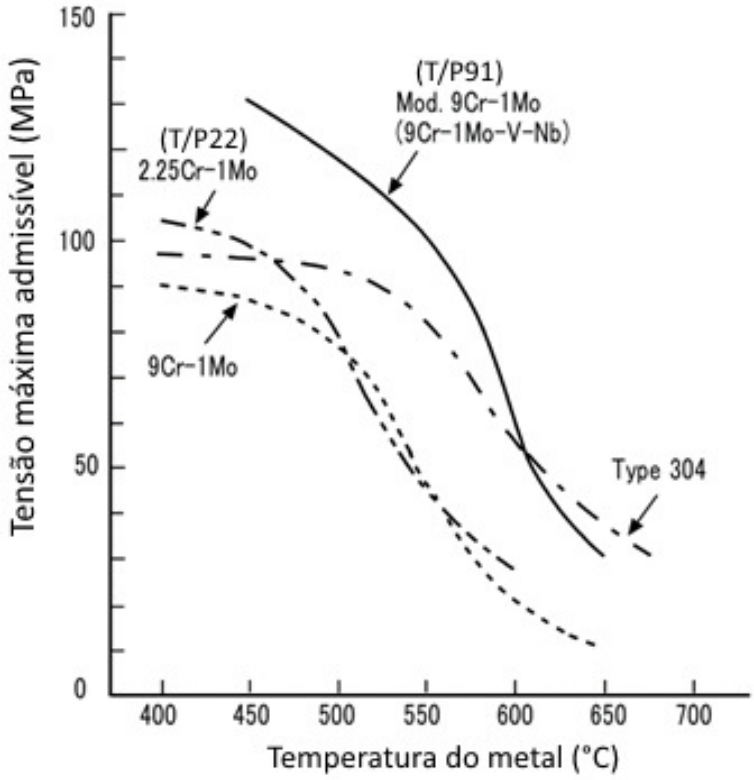


Figura 18 - Comparação entre o T/P 91 e outros aços [13].

Na Figura 19, podemos observar as temperaturas máximas de serviço que os diferentes aços suportam, para uma tensão de 100 MPa, com rotura em 100.000 horas de utilização.

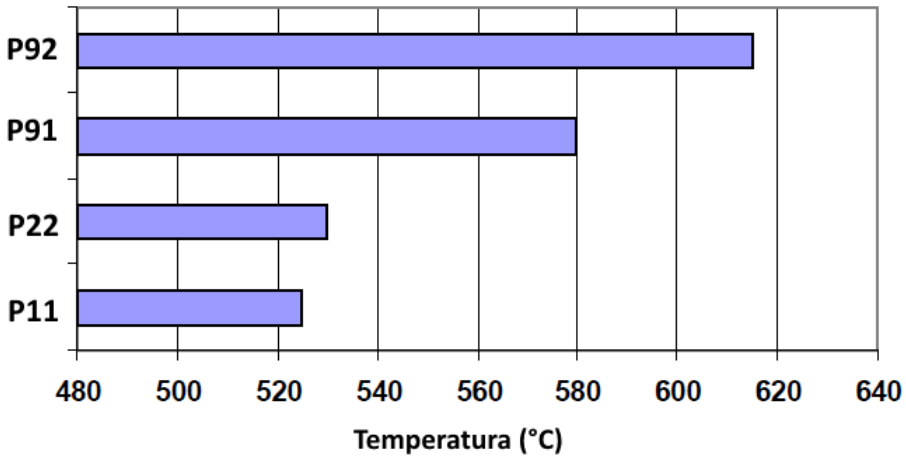


Figura 19 - Temperatura máxima de serviço para diferentes aços [39].

Na Tabela 8, pode ser observada a comparação entre vários materiais da mesma família, tradicionalmente utilizados na indústria. O grau 91 é o que apresenta valores mais elevados de comportamento mecânico, sendo que os restantes são muito parecidos entre eles. Estas propriedades variam quando expostos a diferentes temperaturas, sendo que é nesse caso que o grau 91 se destaca.

Tabela 8 - Propriedades mecânicas à temperatura ambiente de alguns materiais usados em condições de elevada temperatura [35, 40].

Material	$Rp_{0,2}$ (MPa)	Rm (MPa)	Alongamento (%)	Tenacidade (J)	Dureza (HB)
SA 335 P11	≥205	≥415	≥22	≥35	≤163
SA 335 P12	≥220	≥415	≥22	≥35	≤163
SA 335 P22	≥220	≥415	≥30	≥35	≤163
SA 335 P91	≥415	≥585	≥20	≥35	≤250

2.1.4. Elementos de liga do Grau 91

O elemento de liga com uma maior percentagem neste material, como já verificado, é o Crómio. Historicamente, este material tinha na sua composição o Cr e o Mo, no entanto, as propriedades eram inferiores às do material agora modificado. Essas alterações das propriedades, que levam a que em muita bibliografia surja a designação de grau 91 modificado ou 9Cr1Mo modificado, devem-se à adição na liga de elementos como o V, Nb e também ao N. Mais tarde sofreu também uma alteração no teor de carbono para valores mais baixos do que anteriormente. Com o controlo adequado da adição destes elementos de liga, o comportamento à fluência foi largamente melhorado [20].

Os elementos de liga como o C, Mn, Si, Cr, Mo, N, Nb e V são os elementos responsáveis pelo desempenho do grau 91. No entanto, existem outros aços 9-12%Cr que contêm na sua composição, para além dos elementos do grau 91, outros elementos como o W, Co, Ta, Ti e B.

O Cr é um elemento estabilizador da ferrite, sendo responsável pela alta resistência à oxidação/corrosão. Fornece precipitações de carbonetos $Cr_{23}C_6$, importantes para o fortalecimento do aço. Permite aumentar a resistência a altas temperaturas, à tração e à abrasão, através do incremento da sua dureza. Por outro lado, o crómio diminui a tenacidade e a soldabilidade. Para que o material tenha um maior período de vida, quando sujeito a condições de fluência, o teor correto de Cr é de 9%. No entanto, para que tenha uma maior resistência à

oxidação, o teor correto deve ser 10-12%, sendo que estes maiores valores de Cr fazem diminuir, embora que ligeiramente, o período de vida, no que diz respeito à rotura [2, 41, 42].

O Mo é também um elemento estabilizador da ferrite, sendo também importante para a formação de carbonetos. Pode melhorar a resistência a altas temperaturas pelo aumento das forças entre os átomos. Teores superiores a 1% podem promover a formação das partículas "*Laves-phases*" e δ-ferrite [2, 41, 42].

O nióbio é outro elemento estabilizador da ferrite na qual forma precipitados estáveis MX com carbono e azoto. O efeito do nióbio depende das temperaturas de austenitização que controla a quantidade de precipitados MX que é levada na solução. A formação dos carbonitretos é realizada a temperaturas relativamente altas na região da austenite.

O vanádio é um estabilizador de ferrite e um forte formador de carbonitretos do tipo MX fornecendo uma contribuição importante para a resistência à fluência. A formação dos carbonitretos é realizada a baixa temperatura na região da ferrite.

O silício é um estabilizador da ferrite e pode influenciar a cinética da precipitação dos carbonetos. As adições de silício podem acelerar a precipitação e o engrossamento das partículas "*Laves-Phase*". Pode também promover a formação da δ-ferrite. Este elemento é muito importante na formação de uma camada de proteção à oxidação.

O carbono ocupa locais intersticiais, tanto na austenite como na ferrite, com boa solubilidade na austenite. Estabiliza a austenite relativamente à ferrite. É essencial para a formação dos carbonetos [2, 42].

O azoto também ocupa locais intersticiais na estrutura do ferro e é um estabilizador da austenite. O teor de azoto aumenta a estabilidade dos precipitados MX. A adição de N deve ser controlada, principalmente nos materiais que contenham boro [2, 42].

O manganês estabiliza a austenite mas muitas vezes é encontrado a ter um efeito prejudicial na resistência à fluência. Foi descoberto que, aumentando o teor de manganês, pode aumentar a taxa de crescimento de alguns precipitados e causar a dissolução dos precipitados $M_{23}C_6$ e "*Laves-Phase"* [2, 42].

O Ni é utilizado como reforço da tenacidade, no entanto é necessário ter atenção às quantidades de Ni+Mn, pois estes dois elementos são responsáveis pela alteração da temperatura AC_1. Isto é muito importante nas operações de soldadura [28].

2.1.5. Metalurgia

2.1.5.1 Microestrutura

A liga de Grau 91 é produzida aquecendo o material, cerca de 100°C acima da sua temperatura de transformação crítica superior, AC_3, Figura 20, até que a sua estrutura ferrítica se transforme totalmente em austenite. De seguida, o aço é arrefecido a partir da temperatura de austenitização até à temperatura de fim de transformação, M_f, ponto em que a austenite é totalmente transformada em martensite não revenida. Este processo de aquecimento e arrefecimento é designado de normalização. Geralmente é efetuado a temperaturas entre 1040-1080°C, o que proporciona a dissolução da maioria dos carbonetos sem crescimento significativo dos grãos, produzindo uma estrutura muito forte, mas quebradiça. Apresenta elevada dureza (<450 HV) e resistência mecânica, mas, por outro lado, mostra possuir uma ductilidade e tenacidade muito baixas.

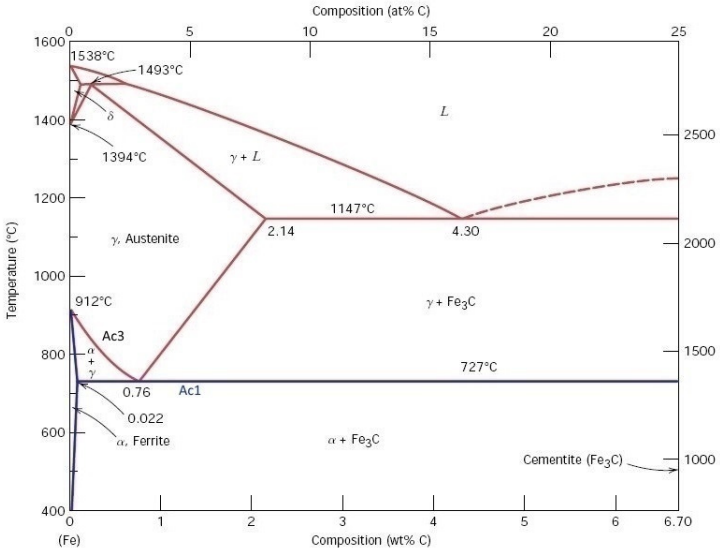


Figura 20 – Diagrama de equilíbrio das Ligas Fe-C [43].

Durante a fase de arrefecimento existem duas fases de transformação muito importantes. A primeira ocorre por volta dos 400°C, onde se inicia a transformação da austenite em martensite, M_s (*martensite start*). A segunda fase, fim de transformação, tem lugar aos 100°C, onde se obtém uma estrutura quase totalmente martensítica, M_f, Figura 21 e Figura 22. É essencial que se dê uma completa transformação, onde no final se obtenha apenas martensite, pois a austenite diminui a resistência antes do revenido. No entanto, essa completa transformação não é fácil de acontecer, de forma que existe sempre alguma austenite na estrutura, designada por austenite residual. Por este motivo, é preferível deixar-se arrefecer o material até à temperatura ambiente, ao invés dos 100°C da temperatura M_f para tentar minimizar essa austenite residual.

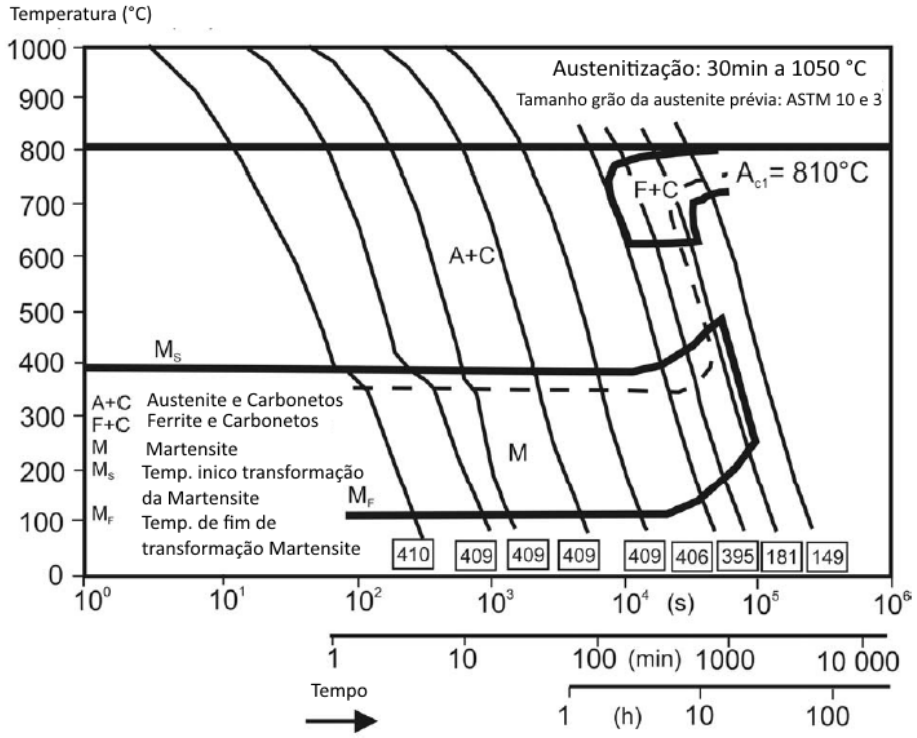


Figura 21 - Diagrama de arrefecimento contínuo do aço de grau 91 [28].

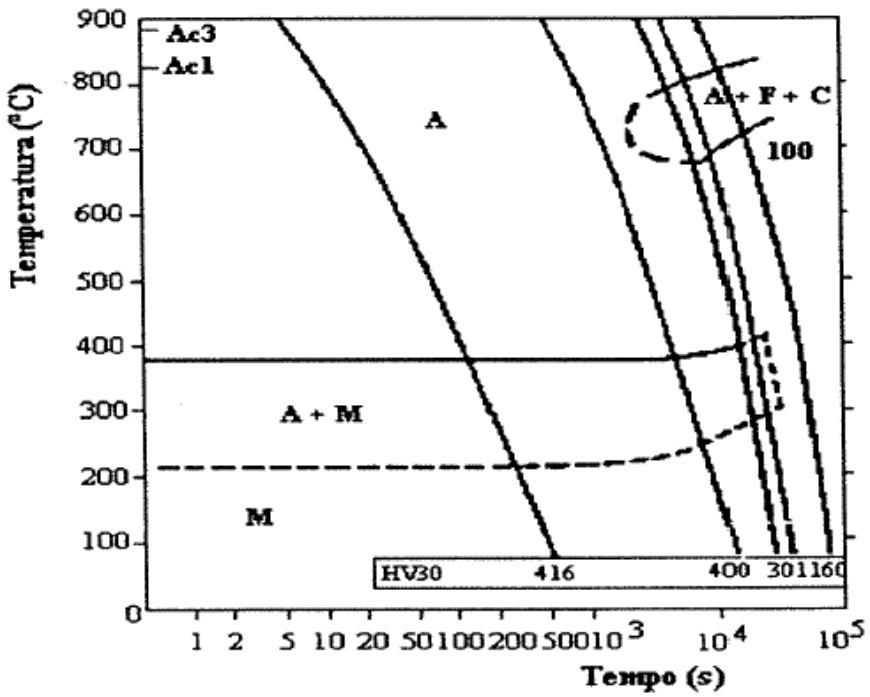


Figura 22 – Curva em arrefecimento contínuo TTT (Temperatura, Tempo, Transformação), para o aço 9Cr (Temperatura de austenitização 1080°C) [44].

No final, o material é submetido a um novo tratamento térmico, revenido, a uma temperatura na ordem dos 750 – 780°C com o objetivo de melhorar a sua ductilidade e tenacidade através da diminuição da fragilidade da martensite e redução das tensões internas. Este tratamento também é responsável por induzir a formação de carbonetos críticos e carbonetos de nitrato precipitados na estrutura martensítica. Estes precipitados são muito importantes para a

formação de um fortalecimento nos locais de defeitos cristalinos, que foram produzidos durante a transformação da martensite, contribuindo assim para melhorar o comportamento à fluência. Após estes tratamentos térmicos, normalização e revenido, o material está pronto para ser comercializado, apresentando uma estrutura martensítica revenida composta por placas de martensite com alta densidade de deslocações e precipitados distribuídos ao longo das fronteiras de grão e das fronteiras das placas, Figura 23 [2, 20, 21, 28, 45].

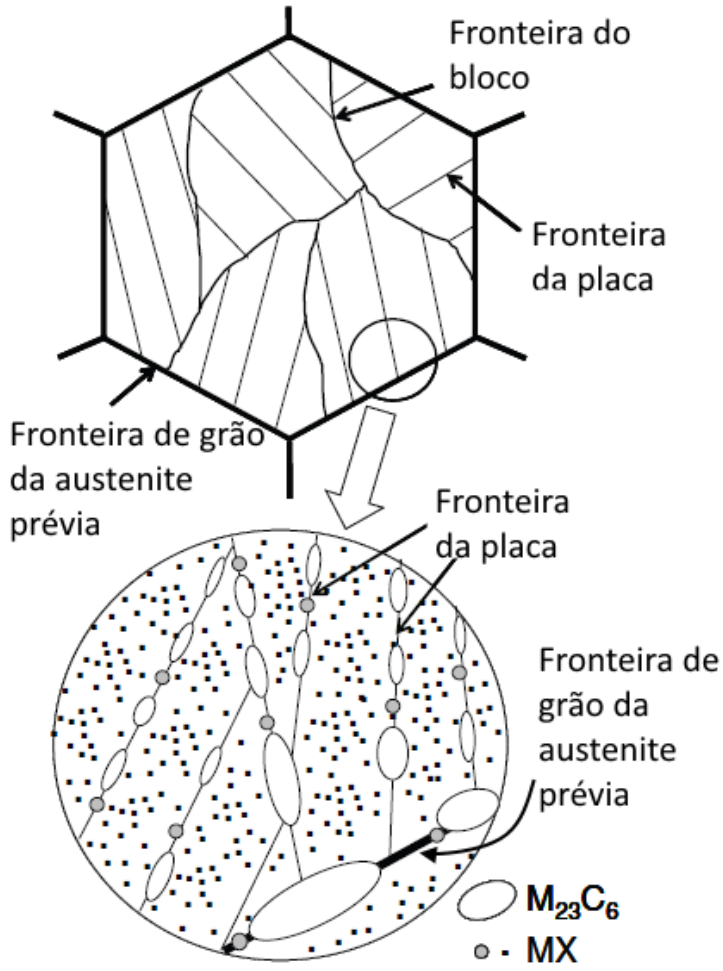


Figura 23 - Ilustração esquemática da microestrutura da martensite revenida do aço de grau 91 [46].

A temperatura crítica de transformação inferior AC_1 para este material, está compreendida entre os 800°C e os 830°C, enquanto a temperatura crítica de transformação superior, AC_3, se situa entre os 890°C e os 940°C. Estas temperaturas dependem do tipo de composição [20, 21, 28, 47].

O tratamento térmico especifico, normalização e revenido, leva a que o material apresente uma estrutura martensítica revenida formada por placas de martensite, Figura 24, com elevada densidade de deslocações, subgrãos e precipitados, tais como os carbonetos $M_{23}C_6$ (ricos em Cr) e carbonitretos do tipo MX (M=V ou Nb e X=C ou N).

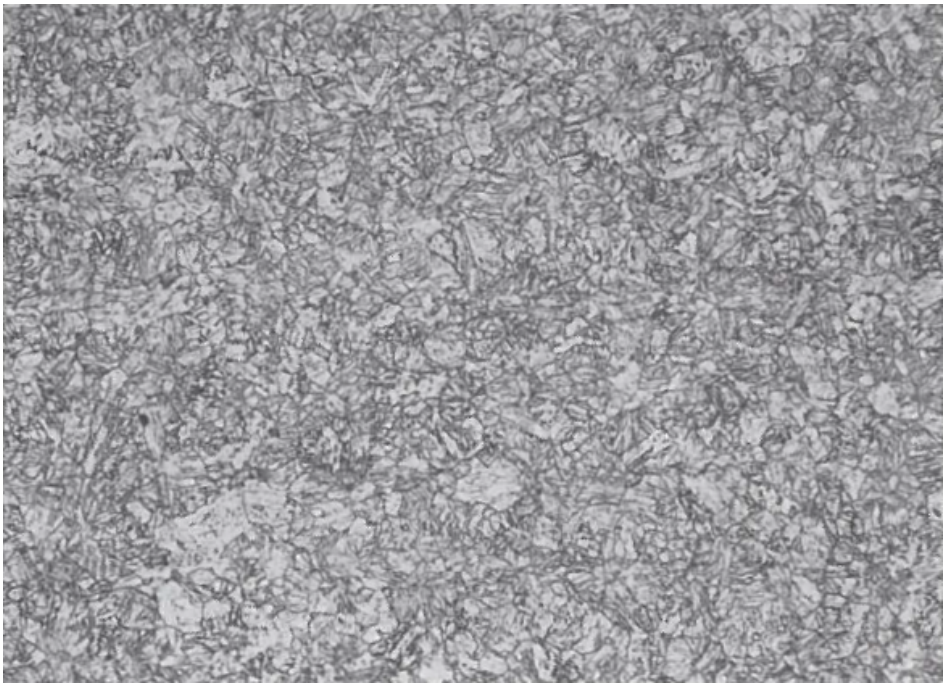


Figura 24 - Estrutura típica do grau 91 após normalização e revenido [20].

A presença desses precipitados melhora a resistência à fluência pelo endurecimento por precipitação, sendo essencial a sua fina distribuição e estabilidade térmica. Os carbonetos $M_{23}C_6$ são responsáveis pela estabilização das placas de martensite, Figura 25 [20, 45, 47, 48].

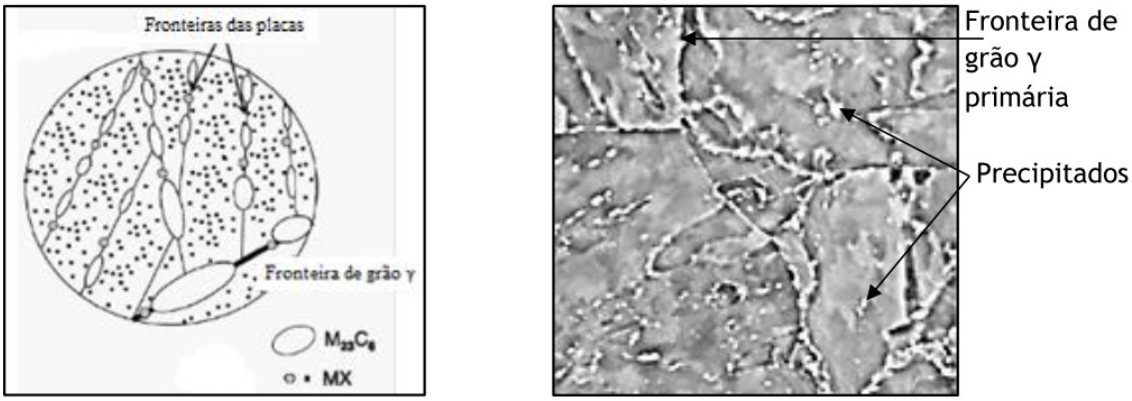


Figura 25 - Esquema representativo da microestrutura do material P91, foto à esquerda; Microestrutura, em *SEM* (*Scanning electron microscope*), do aço P91, foto à direita [40].

Resumindo, a microestrutura final, após o tratamento térmico é composta por blocos de martensite dentro dos grãos da austenite prévia, com cada bloco a ser dividido em subgrãos alongados (placas). Os carbonitretos grosseiros não estão distribuídos uniformemente nos diferentes subgrãos. Os carbonetos estão principalmente localizados nas fronteiras dos grãos da austenite prévia e fronteiras dos subgrãos e deslocações dentro dos grãos, Figura 26 e Figura 27 [12, 45, 46, 49].

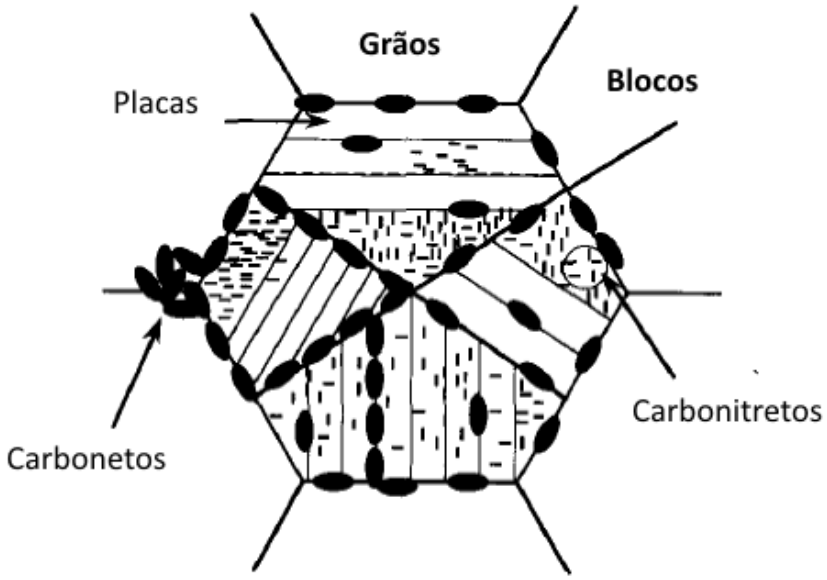


Figura 26 – Representação esquemática da microestrutura martensítica revenida [41, 49].

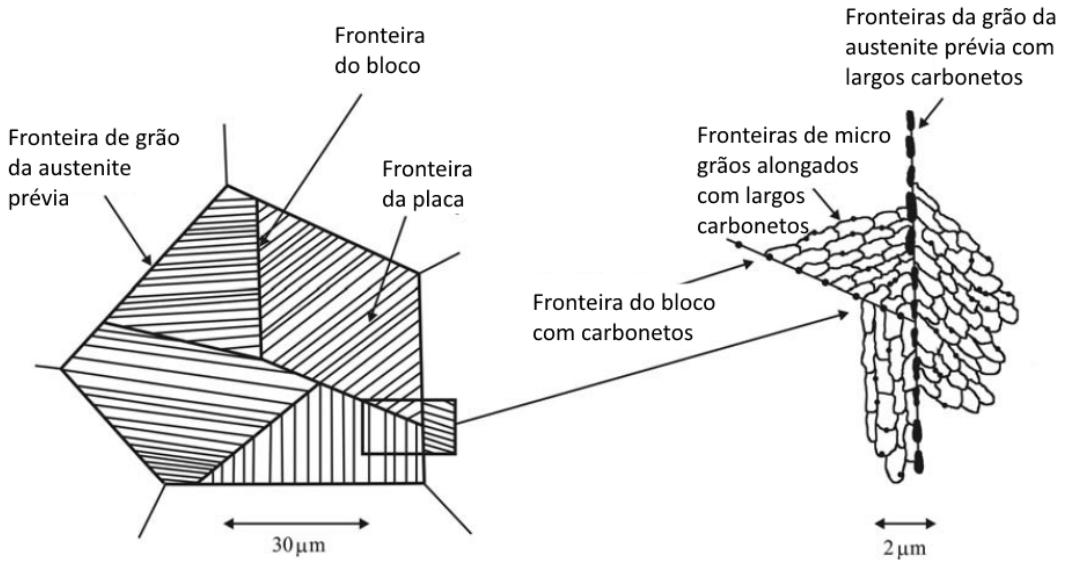


Figura 27 – Ilustração esquemática da microestrutura martensítica revenida contendo precipitados nas interfaces internas dos aços 9-12%Cr resistentes à fluência [45].

A ótima resistência à fluência é alcançada através do fortalecimento da precipitação, sendo que os precipitados podem fixar o movimento das deslocações e retardar a migração das fronteiras das placas e fronteiras de grão. A estrutura martensítica revenida para os materiais de resistência a alta temperatura, deve-se ao facto de a martensite revenida ser uma fase homogénea única com uma boa combinação de elevada resistência e alta tenacidade. Esta estrutura homogénea é fundamental para a resistência à fluência. A martensite revenida pode trazer uma grande vantagem no endurecimento dos subgrãos.

Sabe-se que as fronteiras dos subgrãos representam um obstáculo na desarticulação do movimento das deslocações durante a fluência. O mecanismo de endurecimento dos subgrãos pode promover um fortalecimento eficaz dos precipitados para conseguir uma forte resistência à fluência, sendo uma forma crucial para manter a resistência durante as solicitações de fluência. Para que se tire o máximo partido do endurecimento dos subgrãos, é muito importante manter-se a estabilidade dos mesmos, fixando a migração das fronteiras dos subgrãos através de uma dispersão de precipitados. Assim, assume-se que a estabilização das fronteiras de grão com precipitados (carbonetos e carbonitretos) pode reduzir a taxa de fluência. Isto significa que se os subgrãos estáveis estiverem presentes na microestrutura, este material pode ter uma boa resistência à fluência. [2, 46].

A martensite revenida é a estrutura ideal que irá evoluir em subgrãos finos durante um longo período de fluência. A martensite revenida pode ter precipitados de diferentes tamanhos, os maiores $M_{23}C_6$ (carbonetos) e os menores MX (carbonitretos), que podem desempenhar um importante papel na fixação da microestrutura que os subgrãos e a desarticulação dos movimentos de deslocações podem ter [2].

É importante referir que embora o endurecimento seja eficaz, não se espera que os subgrãos se formem durante o revenido. O endurecimento dos subgrãos consiste na extensão da estrutura de placas de martensite revenida após a evolução da microestrutura. Neste sentido, a estrutura das placas da martensite revenida são consideradas o principal mecanismo de reforço na martensite revenida no aço. Este material é impressionante pelas suas propriedades mecânicas, no entanto as elevadas propriedades do grau 91 dependem inteiramente da formação, por tratamento térmico, de condições precisas da microestrutura, e sua conservação ao longo da vida em serviço. É então necessário que seja formada e conservada uma estrutura martensítica revenida, que vai fornecer ao aço alta resistência à tração a elevadas temperaturas e alta resistência à fluência [2, 20, 28].

O tratamento térmico, como já referido, é uma etapa fundamental para a obtenção das propriedades que o aço apresenta, sendo utilizado para promover o compromisso entre a tensão de rotura por fluência, dureza e tenacidade. Na Figura 28, pode ser observado o efeito do tratamento térmico (revenido durante 1 hora) nas propriedades mecânicas, tais como tensão de cedência, tensão de rotura, impacto e dureza, quando realizado a diferentes temperaturas [20, 28].

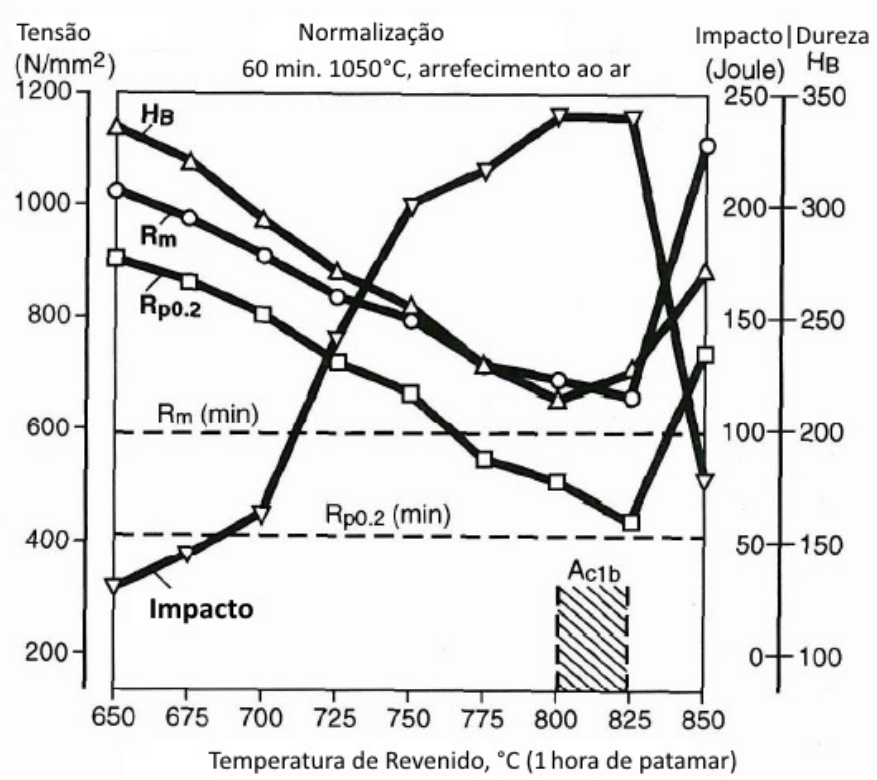


Figura 28 - Efeito do Revenido nas propriedades mecânicas do aço T/P 91 [20].

É possível verificar que a tensão de cedência, tensão de rotura e dureza baixam e a resistência ao impacto sobe com o aumento da temperatura de revenido, até à região de temperaturas AC_1. Acima de AC_1 a resistência ao impacto baixa e as restantes propriedades sobem devido à formação da martensite fresca e transformação parcial da martensite em austenite. A realização de um revenido acima de AC_1 resulta numa resistência à fluência inferior, sendo que deve ser realizada uma normalização e novo revenido para restaurar as propriedades pretendidas [16, 20, 28, 50].

As operações de processamento deste material, tais como conformação, forjamento e soldadura, afetam a microestrutura, degradando assim as propriedades a altas temperaturas. Muitas vezes estas alterações podem não ser detetadas pelo controlo de qualidade do produto, mesmo que estas estejam de acordo com as normas aplicáveis. Esta dependência para a formação de uma microestrutura precisa representa uma maior diferença para outros aços, que foram usados durante décadas em aplicações de maior exigência, como por exemplo o aço de grau 11 e 22 [21].

2.1.5.2 Fluência

A fluência dos aços poderá considerar-se como uma deformação plástica ao longo do tempo, quando sujeitos a uma carga ou tensão constante em aplicações que envolvem temperaturas elevadas. Os ensaios de fluência são frequentemente realizados com cargas constantes de tensão e a alta temperatura. Os resultados do ensaio apresentam-se em forma de curvas de fluência, na qual representam graficamente a dependência do tempo da deformação medida relativamente a uma referência. A rotura por fluência ocorre principalmente devido à presença de microfissuras e crescimento de descontinuidades ao longo dos contornos de grão [42].

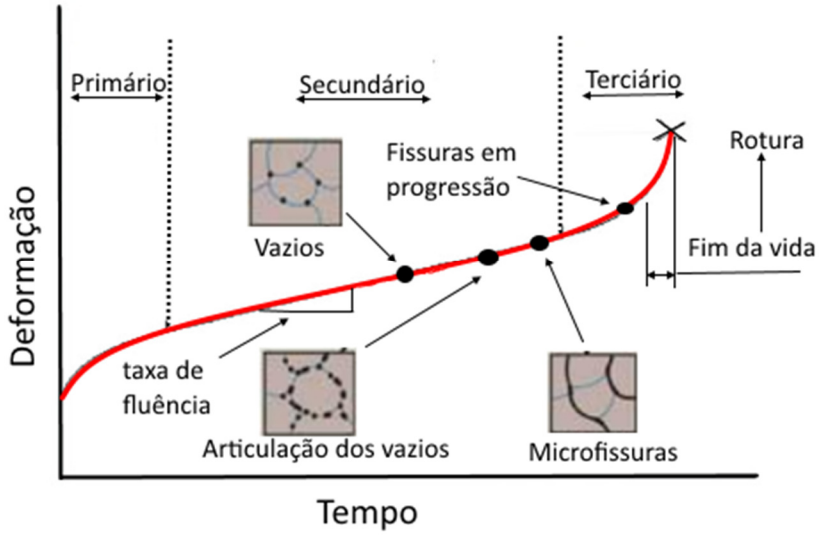


Figura 29 - Curva representativa dos regimes de fluência (gráfico adaptado pelo autor) [22, 42].

A fluência dos aços é geralmente descrita em três diferentes tipos de regimes, Figura 29. O primeiro regime é designado por primário ou fluência transitória, onde a taxa de fluência diminui com o tempo. A taxa de redução é atribuída ao endurecimento por deformação, encruamento, ou a uma deslocação livre ou móvel. O segundo regime é designado de secundário ou estado estacionário, onde a relação entre a deformação e o tempo permanece constante. Neste regime, há um estado de equilíbrio entre a taxa de formação das deslocações, que contribui para o endurecimento, e a taxa de recuperação que contribui para o amaciamento. Por fim, o último regime designa-se por regime terciário ou fluência acelerada. Neste regime, a taxa de fluência aumenta com o tempo até à rotura. É considerado que sobe uma carga constante, a tensão continua a aumentar como processo de fluência, porque a secção transversal diminui [42, 51, 52].

2.1.5.3. Evolução da microestrutura durante a fluência

Devido às suas condições de serviço, este material sofre uma constante evolução na sua microestrutura. É esta evolução que faz com que o material tenha uma maior ou menor resistência quando solicitado em condições de fluência. Por este motivo é necessário otimizar a microestrutura inicial de forma a retardar este processo de evolução, sendo para tal necessário compreender o mecanismo de evolução microestrutural. A martensite revenida inicial irá evoluir sob condições de alta temperatura e elevada tensão durante longos períodos de utilização. Isto acontece devido à natureza da martensite revenida não estar numa fase de equilíbrio termodinâmico, Figura 30 e Figura 31 [2].

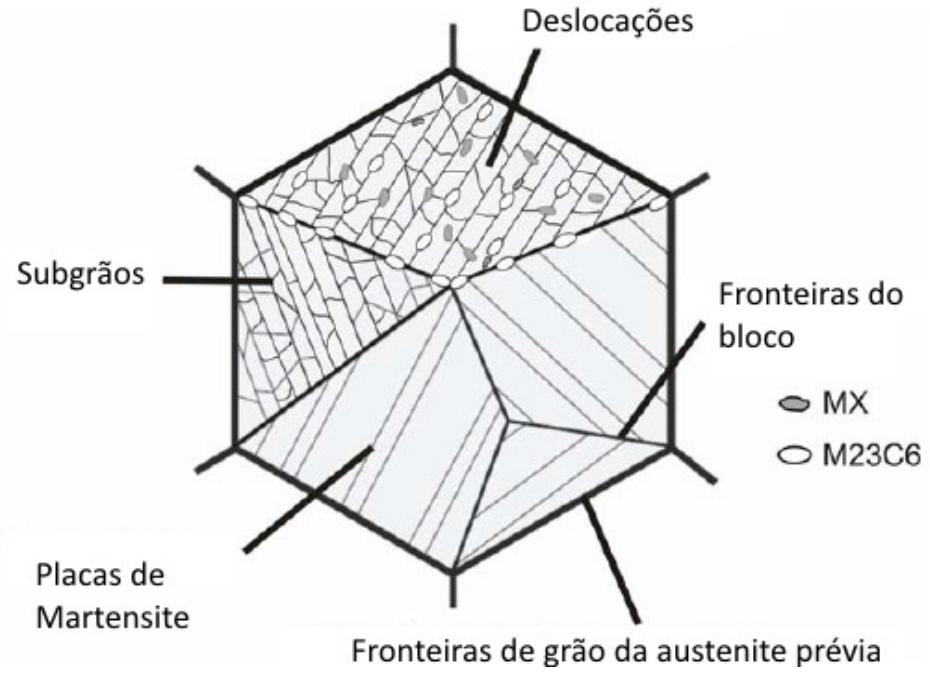


Figura 30 – Ilustração esquemática da microestrutura dos aços 9-12% Cr após revenido [42].

A evolução da microestrutura surge de várias formas, tais como: alargamento das placas de martensite, desaparecimento da austenite prévia das fronteiras de grão, surgimento/engrossamento dos subgrãos, engrossamento dos precipitados, $M_{23}C_6$ e MX, e precipitação de novas fases, "*Laves-phase*" e "*Z-Phase*", Figura 31 [2, 41, 46].

No entanto é possível reverter a estrutura do material, após ter estado sujeito a um longo período de fluência. Foram efetuados testes de dureza, Tabela 9, e também de impacto, Tabela 10, em amostras recolhidas em provetes no estado inicial, provetes após fluência e provetes sujeitos a fluência mas submetidos a uma nova normalização e revenido, sendo os resultados surpreendentes. O material apresentado na Tabela 10 não é o grau 91, no entanto é bastante semelhante, variando apenas nas percentagens de Mo e W.

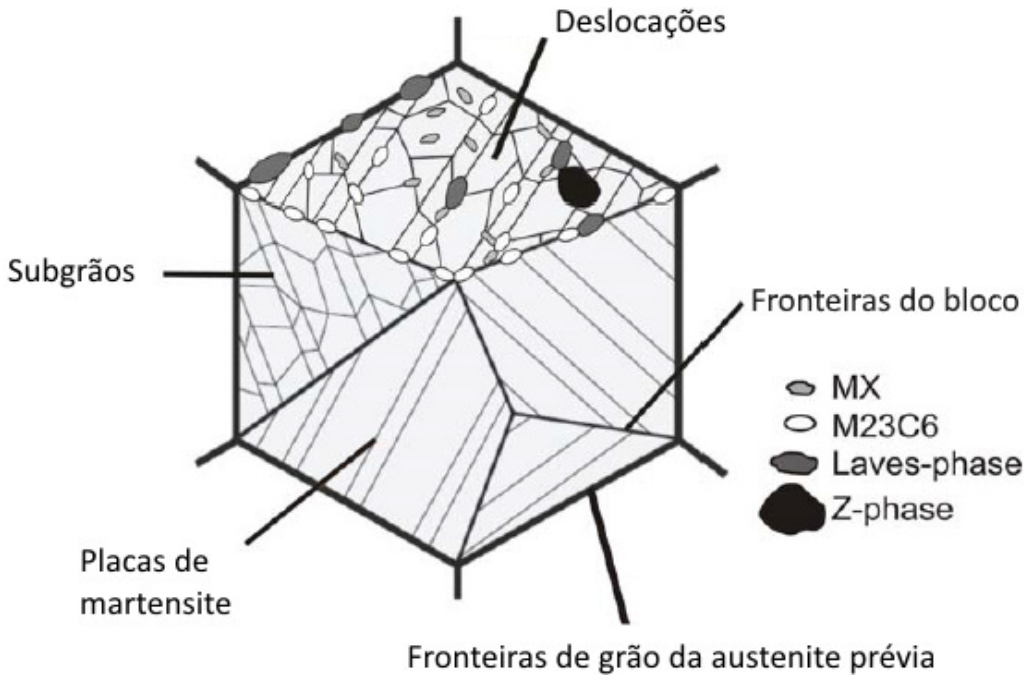


Figura 31 – Ilustração esquemática da evolução da microestrutura dos aços 9-12%Cr após exposição a condições de fluência [42].

Tabela 9 – Dureza do aço grau 91 em 3 diferentes condições [53].

	Inicial	**Fluência (9 anos a 600°C)**	**Fluência Normalização + Revenido**
Dureza (HV)	225	145	220

Tabela 10 - Resistência ao impacto do aço P92 (semelhante ao grau 91) em diferentes estados [2].

Estado	**Energia absorvida (J)**
Inicial	155
Envelhecimento a 600°C durante 3500 horas	20
Envelhecimento a 600°C durante 3500 horas seguindo-se um novo revenido a 760°C durante 2 horas	153

É possível verificar que, quer com os dados de dureza, quer com os de impacto, os valores baixaram bastante quando submetidos a condições de fluência. No entanto, voltaram a atingir os valores do aço na condição inicial, após uma normalização e revenido. Nos estudos citados nas tabelas acima encontra-se mais informação, nomeadamente sobre tamanho de precipitados e sua composição química, bem como análises metalográficas que podem ser consultadas, a fim de se obter mais informação sobre a evolução da microestrutura durante a fluência.

Hoje em dia já estão disponíveis na literatura diversas investigações sobre a evolução estrutural dos materiais 9-12%Cr, inclusive estudos referentes ao grau 91. Nesses mesmos estudos é comum serem relatadas as alterações descritas acima, onde é dado maior destaque ao engrossamento dos precipitados e subgrãos, bem como da precipitação de novas fases, principalmente das "Laves-Phase". As partículas "Z-Phase", embora possam ser encontradas, não são muito comuns no aço com 9%Cr.

2.1.6. Precipitados

Existem 4 tipos de precipitados que se formam no aço de grau 91, sendo que carbonetos $M_{23}C_6$ e carbonitretos MX se encontram presentes na sua estrutura martensítica revenida na fase inicial, ou seja, são formados durante o revenido. Depois surgem dois novos tipos de precipitados que se formam durante uma exposição do material em condições de fluência, geralmente a longo prazo. Estes últimos designam-se por partículas "*Laves-Phase*" e "*Z-phase*". No anexo III encontra-se uma tabela com algumas informações sobre características dos precipitados que podem surgir nos aços 9-12%Cr, onde se inclui o aço grau 91 (9%Cr).

Na Figura 30 está uma representação da localização dos precipitados $M_{23}C_6$ e MX após revenido, sendo que na Figura 31 é possível ver-se uma ilustração da localização dos 4 diferentes precipitados após exposição a condições de fluência. A seguir está uma pequena abordagem referindo cada um desses precipitados.

2.1.6.1. $M_{23}C_6$

Este é o principal precipitado presente nos aços ferríticos resistentes à fluência. São os responsáveis pela resistência mecânica e propriedades de fluência que são influenciadas não só pela quantidade presente destes, mas também pela sua dispersão. Designam-se por carbonetos $M_{23}C_6$ ricos em crómio, mas também podem conter Mo, V e Fe. Em outros materiais podem também conter W e B.

Estes carbonetos dissolvem-se durante a austenitização e precipitam durante o revenido na microestrutura inicial pela nucleação das fronteiras de grão com elevada densidade de deslocações. Situam-se nas fronteiras de grão da austenite prévia e fronteiras das placas da martensite ou fronteiras dos blocos. São muito importantes para proporcionar o efeito de

fixação dos subgrãos. No entanto, estes engrossam durante a exposição à fluência, em períodos longos, fazendo diminuir a resistência à fluência com o tempo. Durante o engrossamento, o número de partículas diminui e as restantes aumentam de tamanho [2, 41, 42, 45, 48].

O diâmetro ideal dos carbonetos $M_{23}C_6$, após revenido, é de 100 – 200 nm, podendo atingir valores na ordem dos 250 – 300 nm quando expostos a condições de fluência a 600°C durante mais de 100.000 horas de utilização, Figura 32. Para além do fator térmico, o crescimento destes precipitados pode também ser induzido pela deformação do material [2, 54].

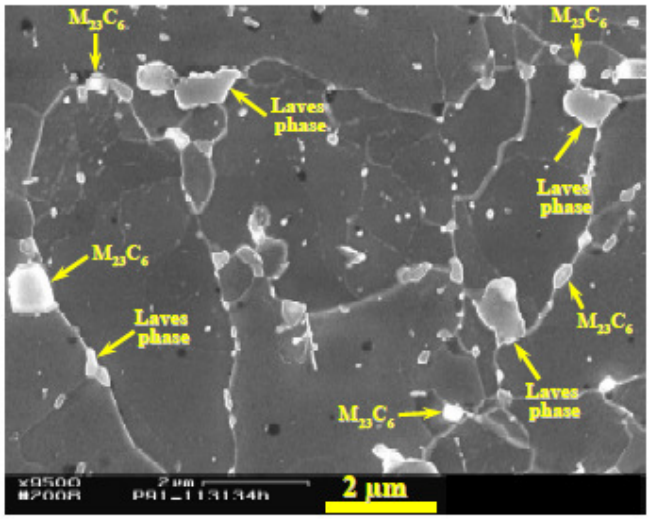


Figura 32 – Microestrutura do aço de grau 91 após fluência durante 113431 horas a 600°C [48].

2.1.6.2. MX

A formação dos carbonitretos MX nos aços ferríticos ocorre quando são adicionados na liga elementos tais como o Ti, Nb, V ou Ta. O azoto que permanece numa solução sólida durante a austenitização, apresenta-se durante o revenido para uma fina precipitação dos carbonitretos MX. Estes precipitados geralmente formam-se durante o revenido nas deslocações dentro da matriz ou nas fronteiras dos subgrãos, aumentando a resistência à fluência fixando deslocações livres e fronteiras de subgrãos [2, 41, 42].

Em comparação com os carbonetos $M_{23}C_6$, estes carbonitretos MX são muito mais estáveis, não apresentando alterações de tamanho nem de quantidade, quando submetidos a longos períodos de fluência. O diâmetro médio destas partículas é de 30 – 40 nm [2, 14, 45].

2.1.6.3. "Laves-Phase"

Estas partículas são fases intermetálicas e surgem neste tipo de materiais devido à presença do Mo e W. No aço de grau 91 a presença do W não é frequente, mas este possui uma percentagem considerável de Mo, cerca de 1%. Sabe-se também que a presença do Si e Cu podem acelerar a precipitação destes intermetálicos. Na literatura é dito que estes intermetálicos surgem durante a exposição a altas temperaturas, cerca de 550°C num período de utilização de cerca de 10.000 horas, sendo que a sua nucleação e crescimento é considerado lento. São ricas em W e Mo e reconhecidas como Fe_2W, Fe_2Mo ou $(Fe,Cr)_2(W,Mo)$. Apenas precipitam a partir da matriz da martensite revenida e encontram-se ao longo das fronteiras das placas, crescendo em formas quadradas com um tamanho grande. São geralmente apresentadas como partículas grandes retangulares com um lado estreito ligado às fronteiras das placas, ou fronteiras de grão na matriz martensítica revenida, Figura 32 e Figura 33 [2, 42, 45].

Quando as partículas "*Laves-phase*" são encontradas, o seu tamanho excede os 200 nm, sendo que as partículas pequenas são muito difíceis de ser detetadas. Portanto, é muito complicado investigar o seu processo de nucleação. Elas podem atingir cerca de 400 nm de tamanho após fluência a 600°C durante 60.000 horas [2, 54].

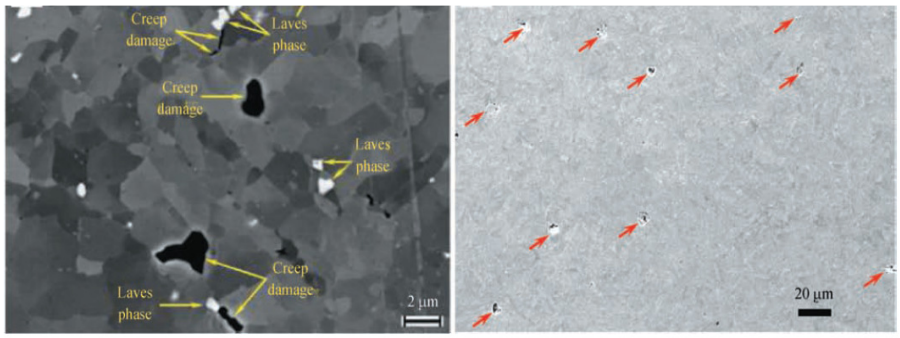


Figura 33 – Imagens em *SEM* de dano no aço de grau 91 após fluência a 600°C para 113 e 431 horas, 7 mm a partir da superfície de fratura [48].

Os estudos quantitativos da evolução do tamanho das "*Laves-Phase*" durante a fluência ou envelhecimento têm revelado uma taxa de crescimento significativo durante as primeiras 10.000 horas de exposição à fluência, sendo que de seguida a taxa de crescimento abranda. No entanto, calcula-se que os precipitados "*Laves-Phase*" demoram bastante tempo até alcançar o estado de equilíbrio, o que indica que o crescimento lento poderá durar um longo período. Geralmente, as "*Laves-Phase*" são indesejáveis sendo que devem ser evitadas nestes aços pois alteram as propriedades de fluência e também diminuem a resistência ao impacto. No entanto, esta influência negativa pode ser reversível se for efetuada uma normalização, a fim de dissolver os precipitados, incluindo as "*Laves-Phase*", e de seguida a realização de um novo revenido [2].

2.1.6.4. "Z-Phase"

As partículas "*Z-Phase*" foram originalmente descobertas em 1950 nos aços austeníticos resistentes à fluência ligados com Nb. As "*Z-Phase*" precipitam muito rapidamente como pequenas e finas partículas distribuídas. As "*Z-Phase*" modificadas, Figura 34, foram descobertas em 1985 nos aços austeníticos 18Cr-12Ni-VNbN, onde metade do Nb nas "*Z-Phase*" foi substituído por V, na composição química de Cr(V,Nb)N, passando a ter como fórmula da célula unitária $Cr_2(V,Nb)_2N_2$. Precipitam devido à dissolução das partículas MX, após um longo período de exposição, passando de seguida a partículas grosseiras mas em pouca quantidade. A temperatura de solução do Cr(V, Nb)N da "*Z-phase*" modificada e CrVN, foi determinada como sendo cerca de 800°C. Quando a temperatura é mais alta que 800°C, as "*Z-phase*" modificadas são substituídas de novo por nitretos MX, sendo, termodinamicamente, os nitratos mais estáveis nos aços 9-12%Cr [2, 42, 55].

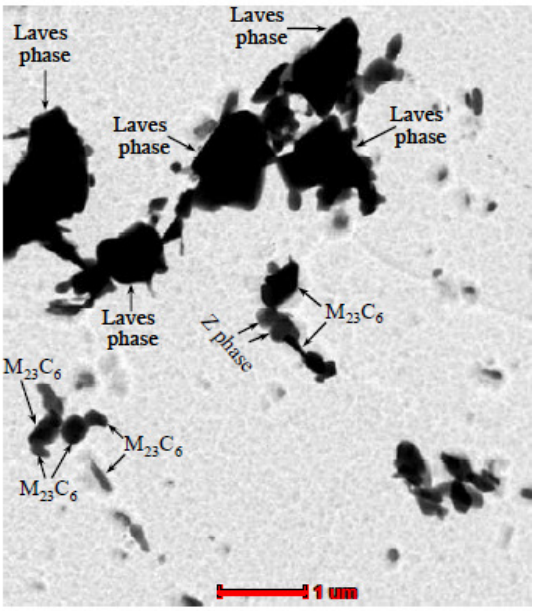


Figura 34 - Microestrutura do aço de grau 91 após fluência [48].

Mesmo nos aços com alto Cr, onde as *"Z-phase"* se formam mais rapidamente, a propagação ampla da formação das "*Z-phase*" apenas é observada após longa exposição. Os locais de nucleação preferencial das "*Z-Phase*" são nas fronteiras das placas e fronteiras de grão da austenite primária, às quais são também locais preferenciais para a formação partículas MX. Nos aços com cerca de 9%Cr a precipitação das *"Z-Phase*" é muito lenta, podendo mesmo nem ocorrer. Nos aços com teor de Cr acima dos 10% esta precipitação é fortemente acelerada, podendo ser considerada prejudicial para o tempo de serviço dos aços 9-12%Cr. As partículas formam-se à custa da dissolução das partículas MX, levando a um desaparecimento parcial ou completo destas partículas benéficas MX [2, 46, 55].

2.1.7. Aço grau 91 VS. grau 22

Devido às aplicações onde estes materiais são empregues, é muito comum efetuarem-se comparações entre os aços de grau 91 e grau 22 (2,25Cr-1Mo). Isto porque no passado os equipamentos eram em grande parte construídos com este material, ao invés do aço de grau 91. No entanto, hoje em dia, está a substituir-se os componentes mais críticos desses mesmos equipamentos por materiais em grau 91, aumentando assim o seu tempo de vida útil e rendimento [28, 56].

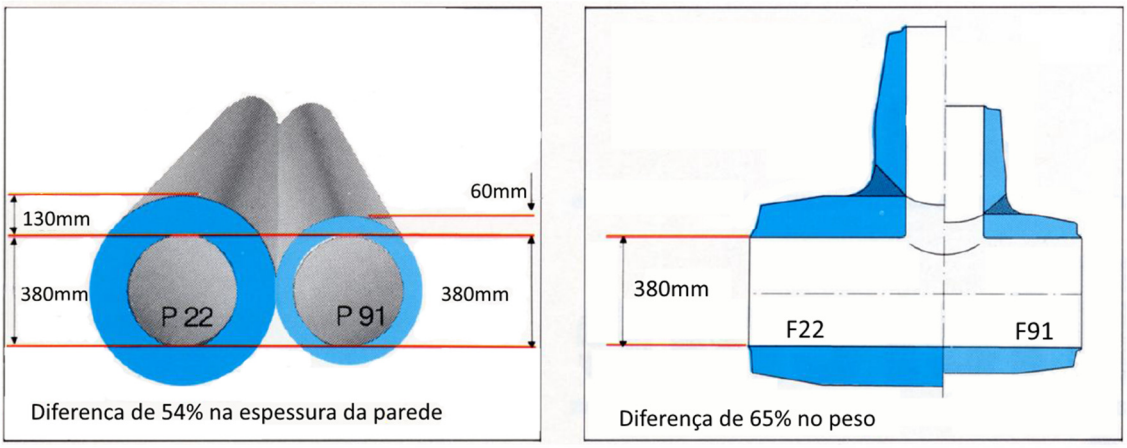


Figura 35 - Diferença, em termos de projeto, dos dois materiais para vários componentes [19].

Quando se substitui o grau 22 pelo grau 91 pode-se reduzir as espessuras em cerca de 2/3 e o peso dos componentes para cerca de 60%. Por outro lado, obtém-se um incremento na resistência mecânica e resistência à corrosão, nomeadamente no interior dos componentes, e aumento do tempo de vida relativamente à fadiga térmica. Na Figura 35 está representado um exemplo dessas diferenças, onde para uma pressão de projeto de 28 MPa e para uma temperatura de 550°C, é possível ter uma redução na espessura do tubo de 54% e de 65% no peso do componente. Na Figura 36 está representado outro exemplo onde pode ser observado o mesmo tipo de comparação, mas também com outros materiais [28].

Na Tabela 11 e na Tabela 12 pode ser visualizada a comparação dos dois materiais, quer em composição química, quer em propriedades mecânicas.

O problema existente nos equipamentos, que operam a altas temperaturas, é a fadiga térmica em serviço. A fadiga térmica é resultante dos ciclos de trabalho que causam alterações nas condições de vapor, fazendo com que o gradiente de temperatura ao longo da espessura dos componentes seja muito elevado. Quanto maior for a espessura, maior é o gradiente, logo mais suscetível a este problema fica o componente.

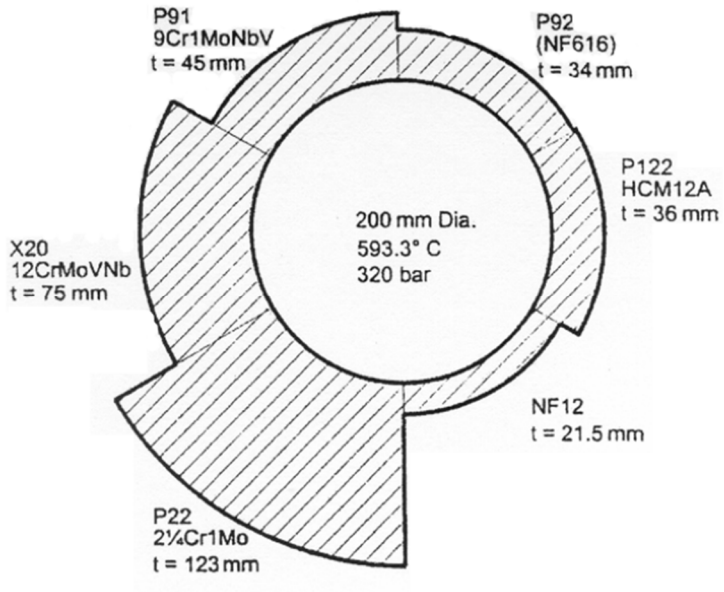


Figura 36 – Comparação da espessura da parede de tubo para diferentes materiais nas mesmas condições de projeto [39].

Tabela 11 - Composição química (% *peso*) do grau 22 *VS*. grau 91 [35].

Elemento	T/P22	T91/P91
C	0,05-0,15	0,07-0,14
Mn	0,30-0,60	0,30-0,60
P	0,025max.	0,020max.
S	0,025max.	0,010max.
Si	0,50max.	0,20-0,50
Cr	1,90-2,60	8,00-9,50
Mo	0,87-1,13	0,85-1,05
V	---	0,18-0,25
N	---	0,030-0,070
Ni	---	0,40max.
Al	---	0,020max.
Ti	---	0,01max.
Zr	---	0,010max.
Nb	---	0,06-0,10

Tabela 12 – Propriedades mecânicas do grau 22 *VS*. grau 91 [35].

Propriedade	T/P22	T/P91
Tensão de Cedência (MPa)	≥220	≥415
Tensão de Rotura (MPa)	≥415	≥585
Alongamento (%)	≥30	≥20
Dureza (HB)	≤163	≤250
Tratamento Térmico	Recozimento/Têmpera	Normalizado e Revenido

Na Figura 37, pode ser visualizada a comparação dos valores de tensão máximos admissíveis para diferentes temperaturas de serviço do grau 91 com o grau 22. A tensão admissível do material T/P91 está representada para diferentes espessuras da parede dos tubos, para espessuras superiores a 3" e para espessuras iguais ou inferiores a 3".

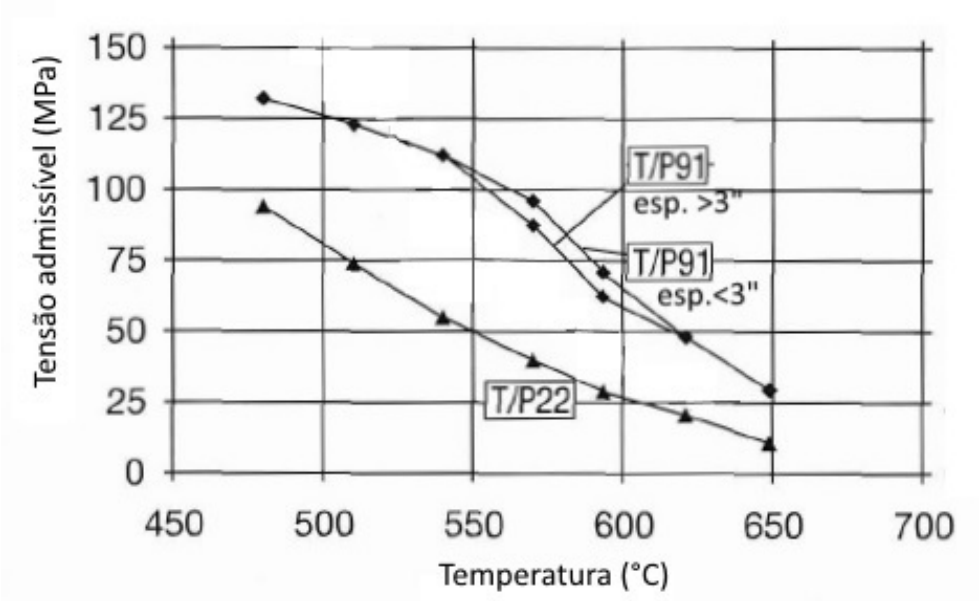


Figura 37 – Tensões máximas admissíveis do grau 91 em comparação com o grau 22, de acordo com *ASME section II, Part D design rules* [20].

Na Figura 38 é possível observar-se a comparação entre os aços T/P22 e o T/P91, do valor da tensão de rotura, após fluência durante 100.000 horas, de acordo com várias temperaturas [20].

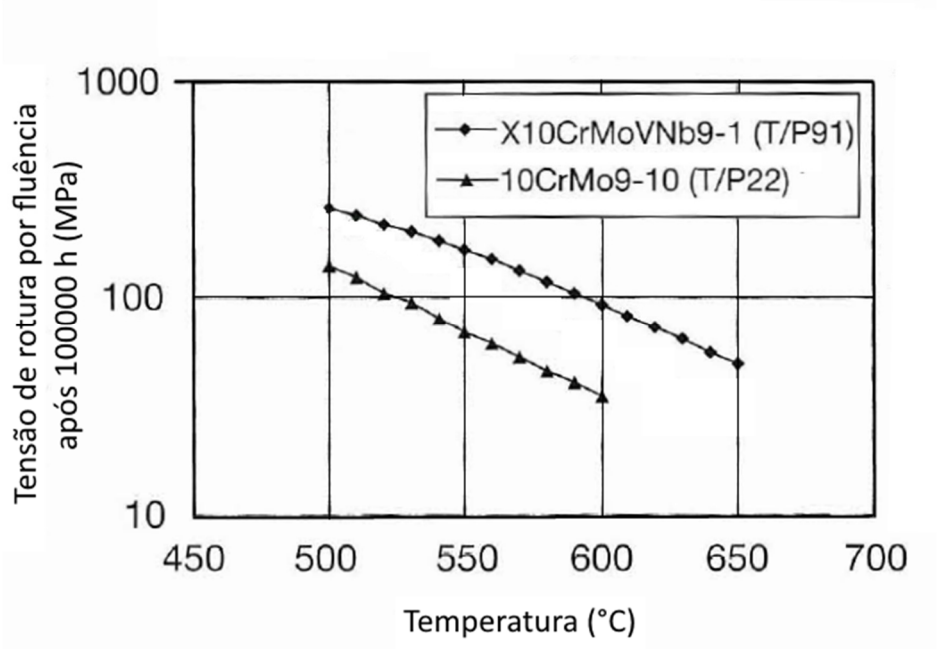


Figura 38 - Comparação da tensão de rotura por fluência, no grau 22 e 91, após 100000 horas [20].

Ao utilizar-se o grau 91 podem ser utilizados componentes com espessuras menores, fazendo com que o gradiente térmico ao longo da espessura seja inferior, reduzindo assim os danos por fadiga térmica. Para além de ser possível a utilização de espessuras inferiores, o grau 91 apresenta uma melhor condutividade térmica, Figura 39, e também um coeficiente de expansão linear mais baixo, Figura 40.

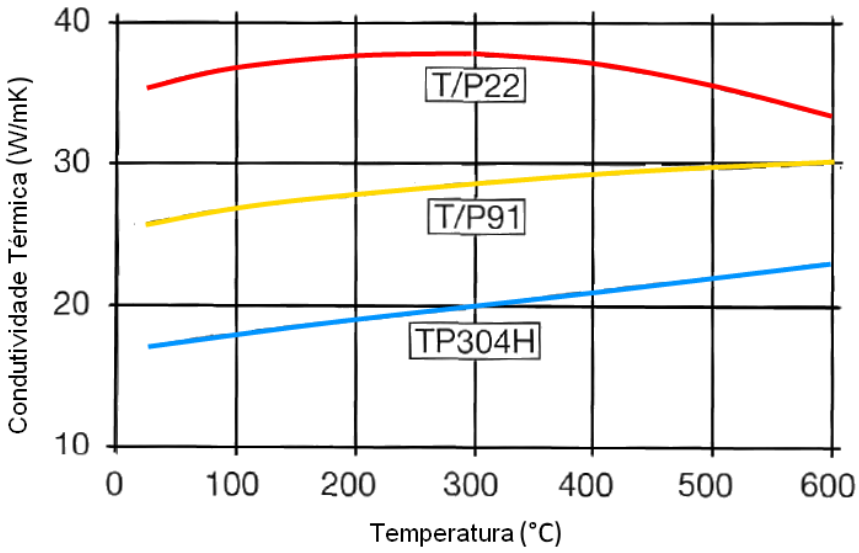


Figura 39 – Condutividade térmica de diferentes aços em função da temperatura [28].

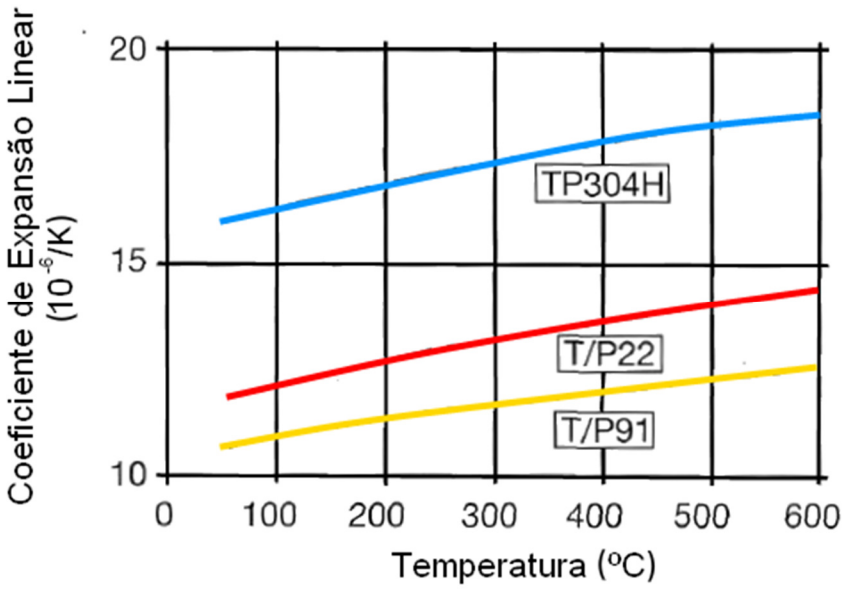


Figura 40 – Coeficiente de expansão linear de diferentes aços em função da temperatura [28].

No entanto, este material torna-se bem mais caro, devido ao seu elevado teor em crómio, sendo que o seu processamento também é muito complicado, exigindo cuidados extra, principalmente nas etapas de conformação e soldadura. Na Tabela 13 encontra-se uma pequena comparação com cuidados a ter na soldadura no grau 22 e no grau 91 [21, 28].

Tabela 13 - Requisitos de soldadura grau 22 *VS*. grau 91 [19].

Requisitos	**T/P22**	**T/P 91**
Pré-aquecimento	Recomendável	Sempre
PWHT	Por vezes (depende dos códigos de construção)	Sempre
Ensaios não destrutivos	Por vezes	Sempre
Arrefecimento <100°C	Não	Sim
Pós-aquecimento	Raramente	Sempre
Sequência de passes	Raramente	Sempre
Purga com gás inerte	Não	Sim

2.1.8. Problemas típicos do grau 91

Os problemas presentes neste material são vários, podendo implicar danos graves para os componentes. Estes problemas podem surgir por práticas incorretas nas etapas de fabrico. Neste caso, o material pode ficar com as propriedades mecânicas fragilizadas, sendo que o grau de fragilização pode ser tal que as suas propriedades se tornem inferiores às dos aços de grau 22 e 11. Grande parte das falhas que têm ocorrido nos equipamentos são atribuídas a práticas incorretas de tratamentos térmicos. A realização de um tratamento térmico a uma temperatura acima do indicado pode dar origem a fragilização em determinadas zonas. Neste caso, a estrutura fica enfraquecida devido ao efeito de excesso de revenido, por não terem sido usadas as corretas temperaturas. Esta fragilização deve-se ao endurecimento/engrossamento dos precipitados críticos, correspondendo a uma perda da resistência à fluência. Por conseguinte, os testes de controlo de qualidade, através dos ensaios não destrutivos, podem não ser suficientes para detetar diferenças provocadas pelo excesso de revenido, dando como aprovado o tratamento térmico. Este problema só pode ser detetado através de uma análise metalográfica à microestrutura do material. Este tipo de problema também tem o mesmo impacto nas soldaduras, podendo dar origem a fissuração do tipo IV, a explicar mais adiante. Na Figura 41, está representado um tubo de um sobre-aquecedor que fissurou, após alguns anos de serviço, por ter sido sujeito a um excesso de revenido na fase de fabrico, também citado na literatura como aquecimento intercrítico durante o tratamento térmico [21, 57, 58].

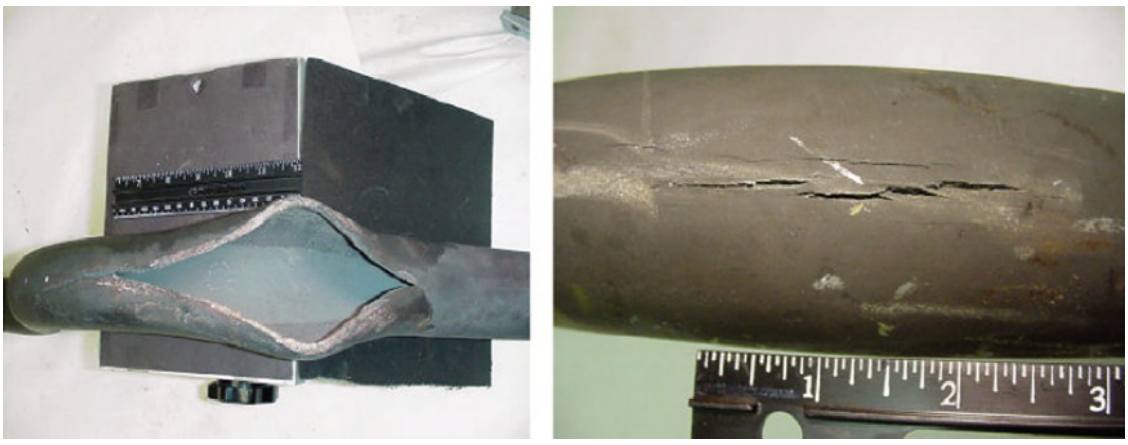


Figura 41 - Tubo de Sobre-aquecedor em aço grau 91 [21].

A realização do *PWHT* a temperaturas demasiado baixas pode prejudicar as propriedades a altas temperaturas, uma vez que a precipitação necessária pode não ficar completa. Neste caso, os precipitados podem não ter sido formados na microestrutura, ou então podem não ter adquirido o tamanho suficiente para a sua estabilização, apresentando assim um efeito de

revenido insuficiente. Pode também correr o risco de fratura frágil e fissuração devido à corrosão sob tensão [21, 58].

No entanto, o problema mais comum é a exposição a temperaturas na região intercrítica na fase de pós-produção, ou seja, já quando o componente está em serviço. Essa região situa-se acima da linha de temperatura de transformação crítica inferior, AC_1, onde a martensite revenida começa a transformar-se de novo em austenite, e abaixo da linha de temperatura crítica superior, AC_3. Acima da linha da temperatura crítica superior, a transformação fica completa em austenite, Figura 20. Quando é aquecido entrando nesta região intercrítica, o material parcialmente re-austeniza, e a estrutura resultante perde a sua resistência à fluência. No caso mais grave, este material fica com uma resistência inferior à do grau 22 [21, 59, 60].

Uma outra questão que pode também levantar certos problemas, ainda na fase de projeto, é quando se pretende fazer ligações entre materiais dissimilares, Figura 42. Esta prática é muito comum, sendo tipicamente usada em sistemas de conversão de calor nas centrais de energia. Na maior parte dos casos, os outros materiais têm propriedades inferiores e também comportamentos diferentes do grau 91. É necessário ter em atenção que esses componentes de materiais menos resistentes não têm as mesmas capacidades que o grau 91. Portanto, não podem estar situados em zonas dos equipamentos que atinjam níveis de solicitação mais severas [18, 28, 61, 62].

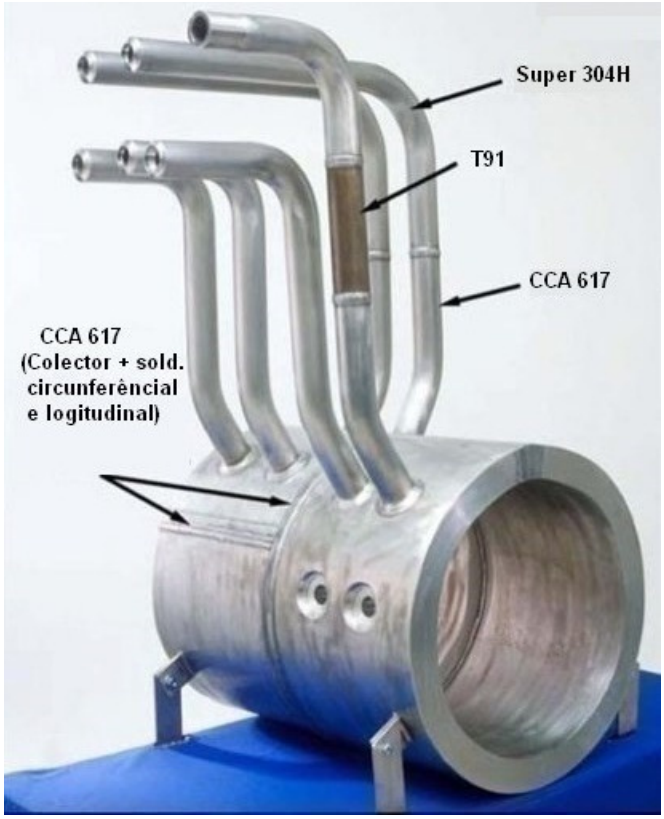


Figura 42 – Exemplo de um componente com soldadura de materiais dissimilares [63].

Em termos de preparação da ligação, as juntas devem ser concebidas com especial atenção, tendo sempre em conta a resistência de cada componente e a sua composição química. Geralmente, o material de menor resistência deve ter espessura superior à do material de maior resistência, como o aço grau 91, Figura 43.

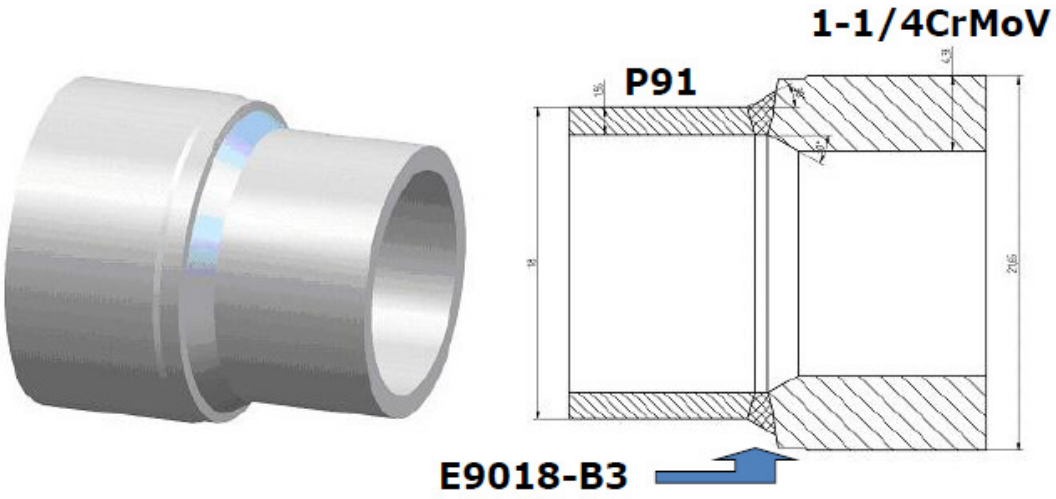


Figura 43 - Ligação entre materiais dissimilares e respetiva relação de espessuras [19].

Neste tipo de juntas a fissuração é atribuída à diferença entre o coeficiente de expansão do depósito de soldadura e a tubagem, sendo que irá resultar num nível de tensão induzida na interface da soldadura. Outro problema presente é que a soldadura de uma liga com alto teor em crómio com outra de baixo teor de crómio, ou com aço sem liga, resulta em que o carbono do aço de teor de crómio mais baixo irá migrar para o aço com mais teor de crómio durante o *PWHT*. Isto origina uma zona de pontos macios no aço de teor de crómio mais baixo. Neste caso, deve-se também ter em atenção o correto ciclo de tratamento térmico a aplicar no final da soldadura, uma vez que as temperaturas críticas inferiores dos dois materiais são diferentes. No caso demonstrado na Figura 43, a temperatura utilizada para o revenido é de 700°C. Geralmente, a temperatura de tratamento térmico é indicada de acordo com o material mais frágil. Por fim, outro aspeto preocupante é a diferença da resistência à oxidação das duas ligas, devido à possibilidade de formação de óxidos, quer pelo interior, quer pelo exterior dos componentes [22, 28, 50, 61, 62].

2.1.9. Recomendações para eliminar problemas, após etapas de processamento

Como já referido, as etapas de processamento no grau 91, principalmente as que envolvem temperatura, danificam a microestrutura. No entanto, estas etapas embora devam ser evitadas, não podem ser eliminadas na maior parte dos casos, pois etapas como a conformação e soldadura estão presentes no fabrico da maioria dos equipamentos. Portanto, após a realização destas operações, podem ser tomadas determinadas recomendações. As dobragens de tubo a frio devem ser efetuadas de acordo com a Tabela 14, onde após a realização da curvatura devem ser aplicados os tratamentos térmicos adequados. Deve ser tida em atenção a deformação a que o tubo foi submetido [21].

Tabela 14 - Tratamentos térmicos após dobragem a frio [64].

Deformação	Recozido de Normalização	Alívio de tensões
≤3%	Não	Não
>3% mas ≤5%	Não	750°C/h com estágio de 2 min/mm espessura da parede com um mínimo de 120 min. Arrefecimento ao ar calmo.
>5%	1040 - 1040°C, -Se espessura ≤ 25 mm - estágio 30 min; -Se espessura > 25 mm - estágio 60 min; Arrefecimento ao ar calmo.	750°C/h patamar de 2 min/mm espessura da parede com um mínimo de 60 min. Arrefecimento ao ar calmo.
Deformação = Raio do tubo / Raio de curvatura		

O critério acima presente foi elaborado para que se garanta uma maior duração dos componentes. Em determinada bibliografia, as dobragens de tubo a frio apenas indicam a necessidade de tratamentos térmicos se estas excederem os 10% da deformação. Se este limite for excedido, o componente deve ser normalizado e revenido. A dobragem a quente deve ser realizada a temperaturas entre 850 – 1100°C, sendo que depois o arrefecimento deve ser realizado ao ar calmo. Após o arrefecimento devem ser realizados, independente da deformação, os tratamentos térmicos descritos na última linha da Tabela 14. Para corte recorrendo a uma fonte de calor, deve ser feito um pré-aquecimento a uma temperatura de 300°C, no entanto, é sempre preferível a realização de cortes a frio devido às alterações estruturais já conhecidas [50, 64].

Um adequado *PWHT*, após a operação de soldadura, é essencial para revenir a martensite e eliminar o risco de fissuração por corrosão sob tensão. A temperatura de revenido demasiado alta e a presença de determinados elementos de liga, principalmente o Ni e o Mn, alteram as características de transformação dos materiais.

O código *ASME B31.1-2012 Power Piping (ASME Code for Pressure Piping, B31)* define uma temperatura máxima de *PWHT* para o P-No. 15E (Grau91), de 775°C, exceto se [65]:

- 1% ≤ **Ni+Mn** < 1,5%, a temperatura máxima para o *PWHT* é 790°C (mínimo 730°C).
- **Ni+Mn** <1,0% a temperatura máxima para o *PWHT* é 800°C (mínimo 730°C).

Esta situação merece atenção quando se está a trabalhar com construção soldada, uma vez que o teor de Ni+Mn dos materiais de adição pode ser diferente do teor do MB (metal de base). Isto faz com que as temperaturas máximas para o revenido sejam diferentes para o material de base e material de adição. Este teor afeta a temperatura de transformação crítica inferior AC_1, sendo que é muito importante saber o teor de Ni+Mn dos materiais de adição e MB, para se determinar a temperatura máxima do revenido, evitando ultrapassar a temperatura AC_1. Quando a composição é desconhecida, geralmente fixa-se a temperatura entre os 730-775°C. À medida que o teor de Ni+Mn aumenta, a temperatura máxima do *PWHT* terá que diminuir, devido à temperatura AC_1 também diminuir, Figura 44. No entanto, o código de construção aplicável deve ser sempre consultado [15, 58].

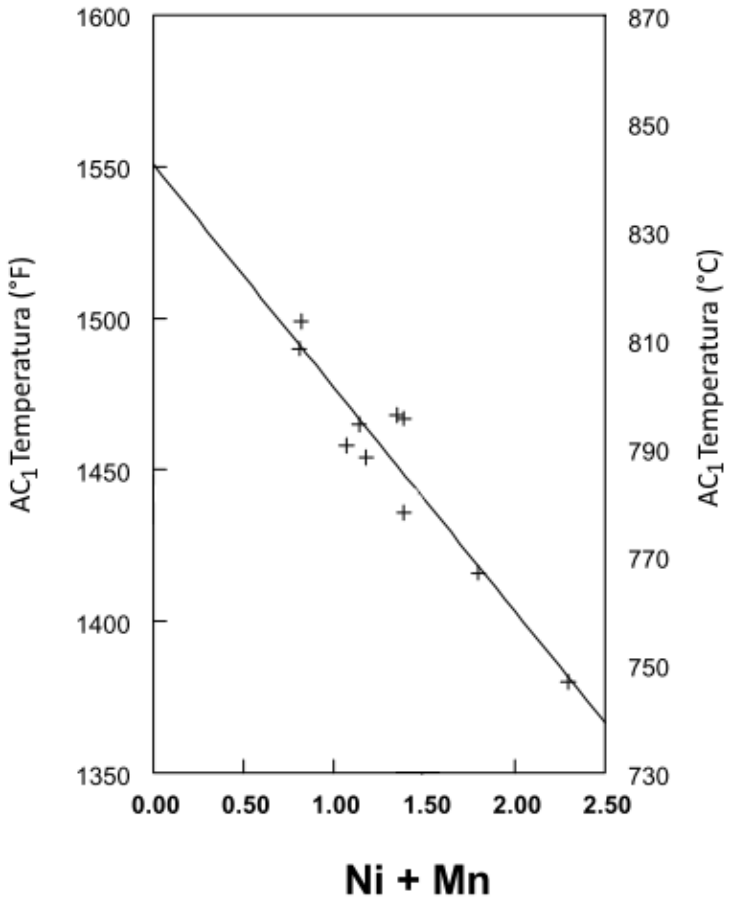


Figura 44 - Efeito do teor de Ni+Mn na temperatura crítica inferior, AC_1, no aço grau 91 [28].

No final, devem ser sempre realizados ensaios não-destrutivos onde podem ser realizados vários testes para determinar a presença ou não de descontinuidades/imperfeições. Esses testes podem ser ultrassons, partículas magnéticas, líquidos penetrantes e raio-X. No entanto, nenhum deles permite avaliar o estado da microestrutura. O teste que permite ter alguma indicação nesta matéria será efetuar uma medição de durezas. Este teste é muito delicado, pois tem que ser feito com algum cuidado, principalmente no que diz respeito à preparação da superfície. Por outro lado também existem muitos aparelhos no mercado, onde têm grandes variações no seu grau de precisão, o que depois pode resultar em leituras menos precisas. Este controlo de durezas é muito importante principalmente nas soldaduras. A análise metalográfica é um exame que permite verificar o estado da microestrutura [21].

2.2. Soldadura e soldabilidade: breve introdução

Soldadura pode ser definida como um processo de ligação de materiais, aquecendo as superfícies de contacto de modo a atingirem o ponto de fusão ou de plasticidade. A soldadura poderá ser realizada em materiais similares ou dissimilares mas, sendo que deverá sempre existir compatibilidade metalúrgica, a qual difere em função do grau de temperatura e forma como é realizada a soldadura [66].

A operação de soldadura dá-se com base na aplicação de vários fenómenos metalúrgicos, tais como fusão, solidificação, transformações no estado sólido, deformações resultantes do calor gerado e das contrações durante o arrefecimento. Estes fenómenos metalúrgicos podem causar sérios problemas à ligação, podendo no entanto ser evitados se forem tomadas as devidas precauções para cada caso específico [67].

Os processos de soldadura podem ser classificados de acordo com a fonte de energia utilizada para aquecer os materiais, que podem ser: elétrica (arco, resistência, radiação, indução e condução), mecânica (fricção e pressão) e química (chama, fluxo e explosão). Por sua vez, estes processos dividem-se em três grandes classes: soldadura por fusão, soldadura no estado sólido, brasagem forte e fraca, anexo IV [68].

A soldadura por fusão, Figura 45, consiste na fusão parcial do material de base, com ou sem pressão, com ou sem material de adição no banho de soldadura. Na brasagem, Figura 46, não há fusão do material base, sendo que este é unido através de uma ligação metalúrgica entre o material de adição e as superfícies que se pretendem unir. Há presença de fenómenos físicos, tais como, molhagem, tensão superficial, capilaridade e difusão molecular. Na soldadura no

estado sólido, Figura 47, a ligação é obtida através da difusão sólida entre as duas superfícies, ou seja, é provocada uma intensa deformação plástica na qual se dá uma mistura no estado sólido dos materiais a ligar. Esta difusão ocorre abaixo da temperatura de fusão do material base. Pode ser realizada com ou sem material de adição e com ou sem aplicação de pressão.

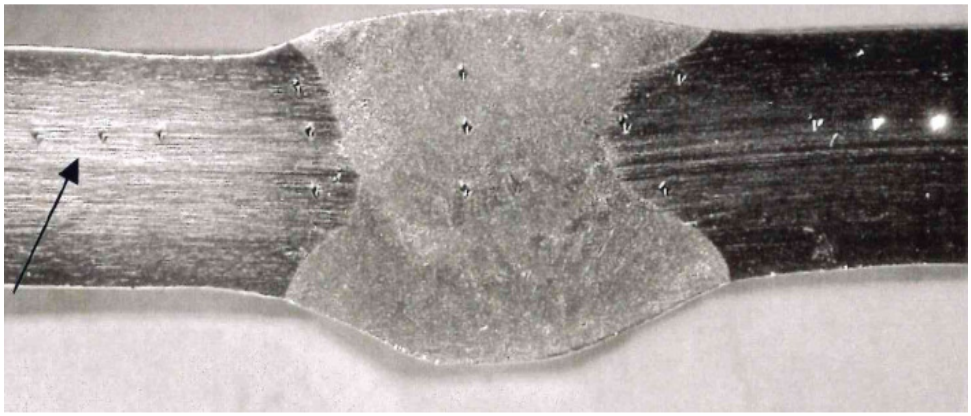


Figura 45 – Macrografia de uma junta soldada, pelo processo *TIG (GTAW)*, atacada com ácido Oxálico (ampliação:6,5x). Na imagem é possível verificar-se as indentações provocadas pelo ensaio de microdureza. Material base: SA312TP316L. Material de adição: ER316LSI (ARSOPI, 2015).



Figura 46 - Micrografia da junta brasada (com tocha/maçarico), atacada com cloreto de ferro III (ampliação: 50x). Material base: Cobre eletrolítico. Material de adição: COPOX (ISEP, 2013).



Figura 47 - Soldadura no estado sólido – Fricção linear de liga de alumínio [69].

Na Tabela 15, encontra-se uma breve comparação entre os diferentes estados dos materiais de adição, quando aplicáveis, e os materiais de base, nas diferentes classes de soldadura.

Tabela 15 – Comparação da classe do processo em relação ao material base/adição [70].

Classe do Processo	Estado Físico do Cordão de Soldadura	
	Material Base	**Material de Adição**
Soldadura por Fusão	Líquido	Líquido (se existir)
Brasagem	Sólido	Líquido
Soldadura no Estado Sólido	Sólido	Sólido (se existir)

Entende-se como soldabilidade a capacidade que um material apresenta à ligação por soldadura pelos processos existentes. Quando se efetua uma soldadura, pretende-se que a junta soldada apresente, no final, propriedades idênticas ou superiores às patenteadas pelo material base, tais como, resistência mecânica, resistência à corrosão e oxidação.

As propriedades da ligação são determinadas pelo material de adição, tipo do material de base, processo de soldadura e metodologia de soldadura, enquanto as propriedades na zona termicamente afetada são determinadas pela entrega térmica e pela composição química do material. Na Figura 48, podemos observar as diferentes regiões características de uma junta soldada [71].

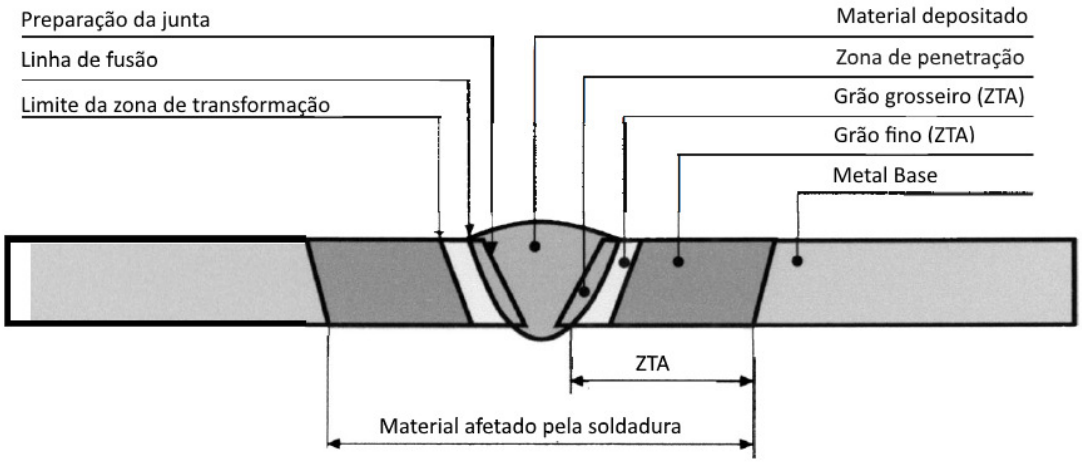


Figura 48 - Identificação das regiões características de uma junta soldada [71].

2.2.1. Processos de soldadura por arco elétrico mais correntes

Os processos de soldadura por arco elétrico pertencem à classe de soldadura por fusão. Existe um vasto leque de métodos que se podem adaptar da melhor forma a cada conjunto de requisitos exigidos por cada aplicação específica. Também existe um longo histórico de utilização de cada um dos processos associados à soldadura por fusão. Isto traduz-se, como seria de esperar, num excelente desempenho destes tipos de soldaduras. Existem vários processos que se podem realizar por arco elétrico, anexo IV, sendo que os mais usuais são: Soldadura por Elétrodo Revestido, Soldadura *MIG-MAG*, Soldadura com Fios Fluxados, Soldadura *TIG*, Soldadura por Plasma e Soldadura por Arco Submerso.

Tabela 16 – Abreviaturas e designações dos processos de soldadura [68].

Processo	**Abreviaturas**			**Designações**
	Portugal	***UE***	***USA***	***EN ISO* 4063**
Elétrodo revestido	SER	*MMA*	*SMAW*	111
MIG-MAG	*MIG-MAG*	*MIG-MAG*	*GMAW*	131 - *MIG* 135 - *MAG*
Fios Fluxados	FF ou FT	*FCAW*	*FCAW*	114 - Fios auto-protegidos 136 - Fios fluxados c/ gás Ativo 138 - Fios alma metálica c/ gás ativo 132/133 - C/ gás inerte
TIG	*TIG*	*TIG*	*GTAW*	141 - Com vareta / fio fluxado 142- Sem material de adição 143- Com vareta/fio tubular 145/6 – Com gás redutor 147 - Com gás ativo
Plasma	Plasma	*PAW*	*PAW*	151 - Plasma *MIG* 152 - Plasma com pó metálico 153 - Com arco transferido 154 – Com arco não transferido
Arco submerso	SAS	*SAW*	*SAW*	121 - Fio elétrodo sólido 122/6 - Com fita sólida ou c/ fluxos 124 - Com adição de pó metálico 125 - Fio elétrodo tubular

Estes processos de soldadura por arco elétrico são muito utilizados pela sua facilidade em gerar a energia necessária para a soldadura, transformando energia elétrica em energia calorifica. Esta energia é transmitida à peça através da projeção do arco sobre a mesma, dependendo da área de contacto entre a extremidade do arco e a peça. Existem equipamentos disponíveis no mercado para todo o tipo de utilizadores, desde utilização profissional a amadora, apresentando custos acessíveis. O controlo do processo é simples e o nível de risco para a saúde dos utilizadores é relativamente baixo. Na Tabela 16, está representada a abreviatura correspondente a cada processo, em diferentes partes do Mundo, e as respetivas designações [72].

2.2.1.1. Soldadura por Elétrodo Revestido

Este processo foi o mais predominante até ao início da década de 80. O elétrodo revestido é constituído por um arame, designado por "alma", e por um revestimento externo. A soldadura envolve a criação de um arco entre o elétrodo e a peça de trabalho, gerando-se energia suficiente para a fusão de ambos, Figura 49.

O revestimento do elétrodo tem como função proteger o processo de soldadura, através da queima do revestimento. Ao longo do processo, o cordão vai ficando coberto por escória que tem como função protege-lo contra a oxidação e arrefecimento rápido durante a fase de solidificação. Este processo é caracterizado pela simplicidade do equipamento de que necessita, tendo a particularidade de não precisar de gás de proteção. Pode ser utilizado no exterior, em condições mais severas, uma vez que não usa gás como mecanismo de proteção, o qual poderia ser desviado do arco pelo vento, tornando o processo sensível a correntes de ar. No entanto, necessita de uma operação adicional para a remoção da escória no final da soldadura [71].

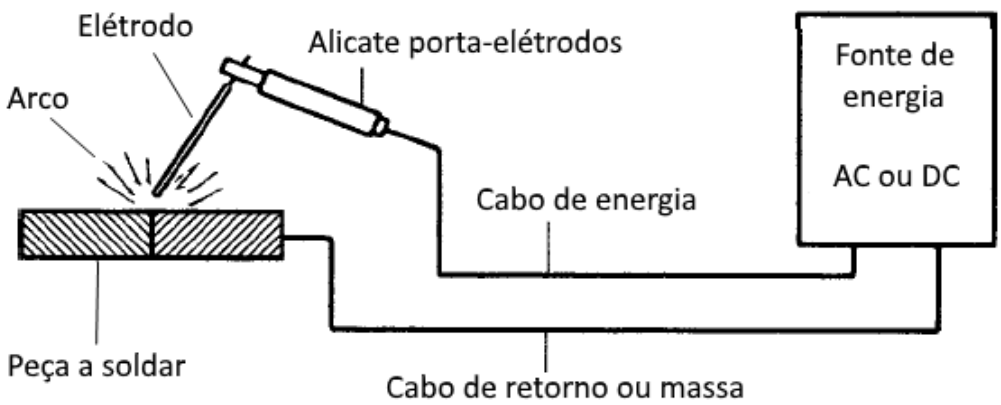


Figura 49 – Diagrama esquemático do processo de soldadura por elétrodo revestido [71].

Este processo de soldadura pode ser utilizado em muitos materiais, tais como aços ao carbono, aços microligados, aços resistentes à corrosão, ferros fundidos, alumínio e suas ligas, cobre e suas ligas, assim como níquel e suas ligas, em aplicações no sector ferroviário, rodoviário, naval, aeronáutico, aeroespacial, química, petroquímica e nuclear. Pode ser aplicado em materiais com as mais diversas configurações, desde chapas, tubos e perfis. A seguir encontram-se algumas vantagens e desvantagens do processo de soldadura por elétrodo revestidos [68, 72].

Vantagens: Possibilidade de soldar a maioria dos metais, equipamentos simples e económicos, pode usar-se em *AC* (*alternate current*) ou *DC* (*Direct current*), polaridade direta ou inversa, realização de soldaduras em todas as posições e permite uma boa acessibilidade e mobilidade [68].

Desvantagens: Comprimento fixo dos elétrodos (230 a 460 mm), limitação da capacidade de corrente máxima, baixo rendimento (≤ 1kg/h), baixo fator de marcha (≤ 30%), limitado a espessuras de 200 mm, não é adequado para soldar ligas leves, tais como as ligas de alumínio, e materiais reativos tais como o titânio. A escória necessita ser removida após a soldadura, sendo que o processo é dificilmente automatizável [68].

2.2.1.2. Soldadura MIG-MAG

A soldadura *MIG-MAG* é também um processo em que a fusão do material de adição e de base é obtida através do calor desenvolvido por um arco elétrico, onde a corrente é conduzida até à junta pelo próprio material de adição, sob a forma de fio. A proteção do banho de fusão é obtida por um fluxo de gás que poderá ser inerte, *MIG*, com Árgon ou Hélio, ou proteção ativa, *MAG*, com CO_2, que é projetado a partir da tocha. A tocha é o acessório responsável pela alimentação automática do fio, pela transmissão da energia elétrica ao fio do metal de adição e pela alimentação e regulação do fluxo gasoso que irá proteger a soldadura, Figura 50. É por esta razão que este processo é conhecido por semiautomático. No entanto, podem existir aplicações em que a tocha é fixa e o material de adição é adicionado automaticamente ou até mesmo a tocha movimentar-se de forma automática. Nessa situação, o processo é designado por automático [72].

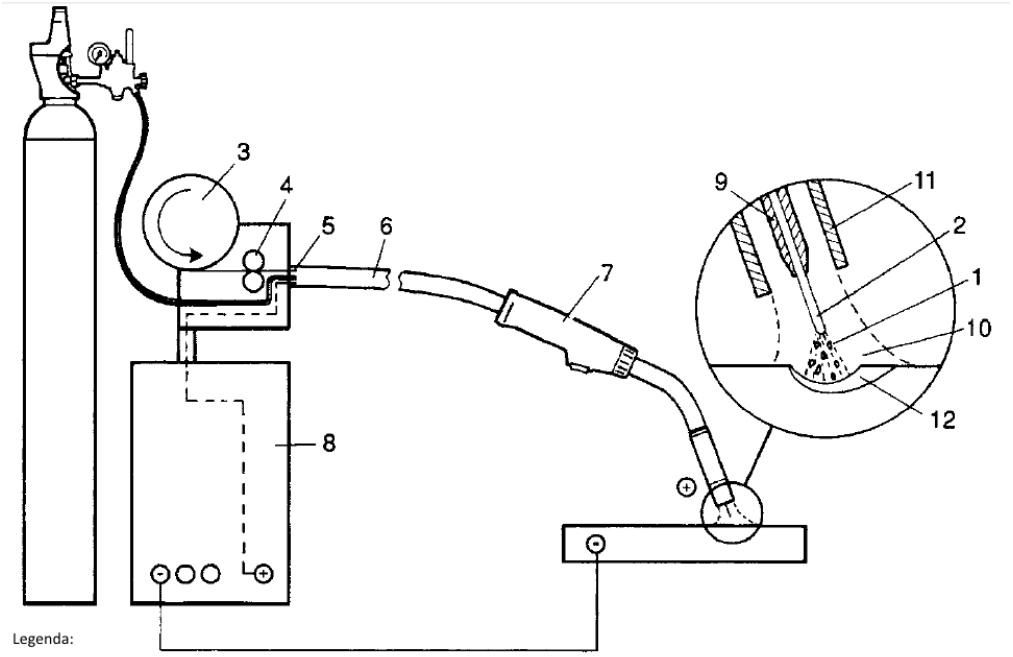


Figura 50 - Esquema de equipamento de soldadura *MIG-MAG* [71].

Este processo pode ser utilizado em quase todos os materiais, sendo que está apenas limitado pelas características de transferência do metal de adição. O sucesso da sua aplicação depende da seleção adequada dos seguintes parâmetros: composição e diâmetro do fio-elétrodo, mistura gasosa de proteção e respetivo fluxo, intensidade de corrente, diferença de potencial à saída da fonte, velocidade de soldadura em modo de transferência, geometria da junta e equipamento. O processo é correntemente utilizado na indústria metalomecânica, pela sua elevada produtividade. No entanto, a indústria automóvel também recorre à sua utilização. O material que é mais utilizado para ser soldado pelo processo é o aço ao carbono de baixa liga, sendo que também pode ser utilizado para soldar alumínio, aço inoxidável, cobre e magnésio. Em baixo podem ser verificadas algumas vantagens e desvantagens do processo [72].

Vantagens: possibilidade de soldadura em quase todos os metais, controlo razoável da penetração, usa *DC* (+) ou *AC*, solda em todas as posições, taxas de depósito entre 1.5 a 2.5 kg/h, fator de marcha habitual na ordem dos 60%, facilmente automatizável, elétrodo contínuo, baixos níveis de hidrogénio, e não deixa escória [68].

Desvantagens: Acessibilidade e mobilidade, pode ocorrer falta de fusão (colagens), limitado a espessuras até 50 mm, risco de inclusões de dióxido de carbono, exige boas competências do soldador, grande sensibilidade às correntes de ar e custo dos gases de proteção [68].

2.2.1.3.Soldadura com Fios Fluxados

Este processo é similar ao processo *MIG-MAG*, com a particularidade de que o material de adição é obtido através da utilização de um consumível do tipo fio fluxado contínuo. A fusão do material é também obtida através do calor gerado por um arco elétrico. A proteção do banho, material de adição e material base, é realizada com uma proteção gasosa ativa, dióxido de carbono e mistura de árgon com dióxido de carbono, ou também pela decomposição do fluxo, o qual pode atuar independentemente ou como apoio ao gás de proteção. A proteção do cordão durante o arrefecimento é obtida através da escória criada pela decomposição do fluxo [68].

Este processo de soldadura pode usar as mesmas instalações que o processo *MIG-MAG*, sendo que o que varia são os gases de proteção e o tipo de material de adição. Os parâmetros de soldadura, tais como tensão, intensidade, velocidade do arame e caudal do gás também serão diferentes. Em determinadas aplicações, embora que muito raras, os fios fluxados também podem ser utilizados no arco submerso, efetuando assim uma dupla proteção. Este método pode funcionar com dois tipos de fio: fios fluxados autoprotegidos ou com fios tubulares com proteção gasosa ativa.

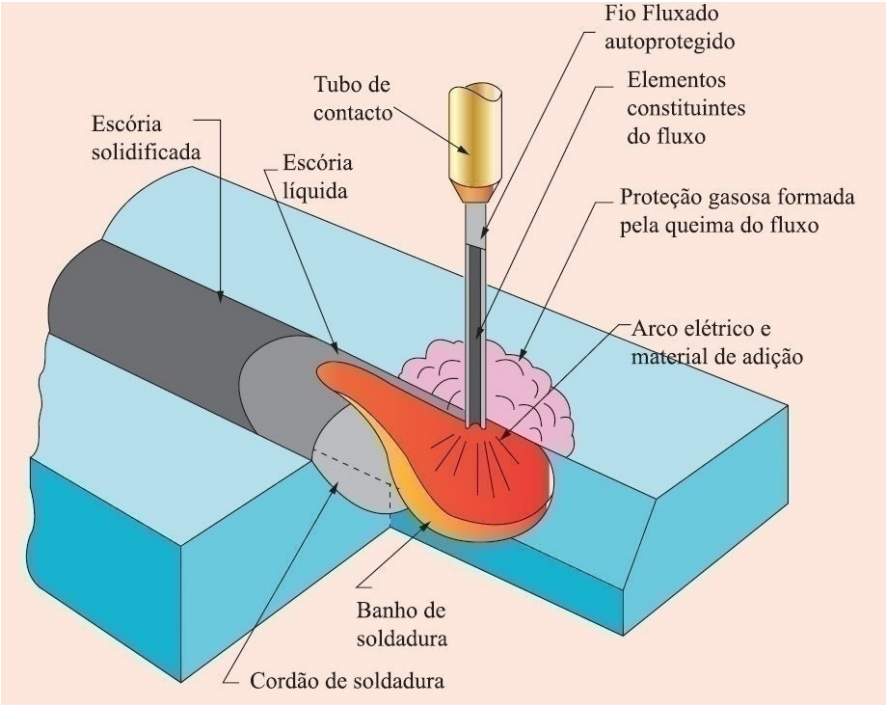


Figura 51 - Fio fluxado autoprotegido, sem proteção gasosa adicional [72].

No fio fluxado autoprotegido, Figura 51, o fluxo funciona de forma independente, tendo como função a proteção do banho de soldadura, conferir propriedades metalúrgicas ao cordão e proteger o cordão durante o arrefecimento. São ideais para aplicações ao ar livre, em estaleiro, soldadura de aços não ligados e soldaduras de estruturas, tubos e painéis.

Nos fios tubulares com proteção gasosa ativa, Figura 52, a proteção é realizada com o auxílio de um gás de proteção de forma ativa. Ideais para aplicações em oficina, permitem soldar todo o tipo de aços inoxidáveis e aplicam-se a todo o tipo de construção soldada.

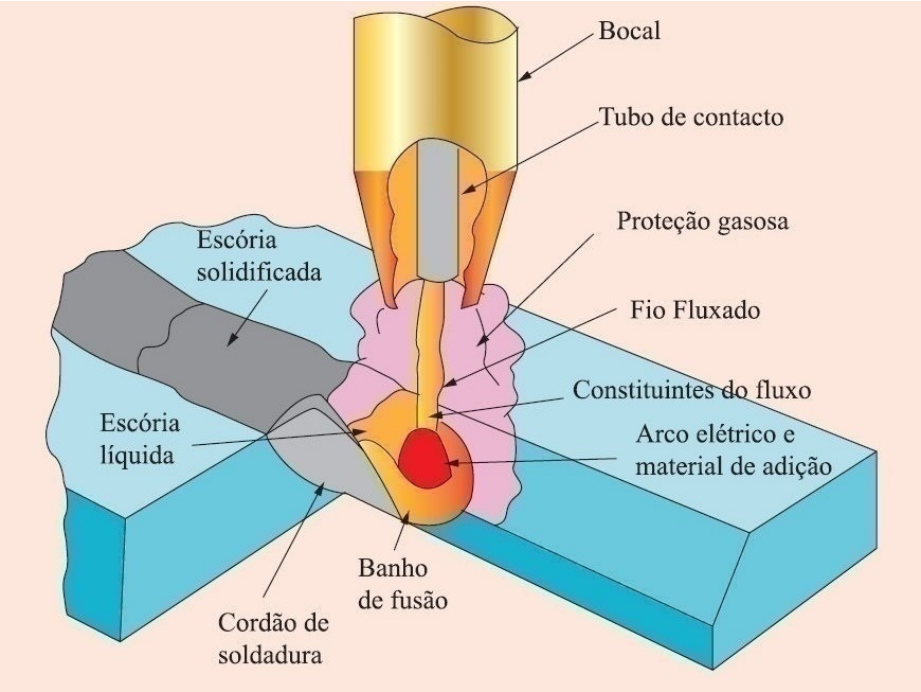


Figura 52 - Fio tubular com proteção gasosa ativa [72].

Neste caso, os fios podem ter alma metálica, que permite grande taxa de deposição, assim como a utilização em aplicações robotizadas, devendo ser só utilizados nas posições ao baixo PA e PB, ver anexo V. O fio com alma metálica (designado usualmente por "*metal cored*") liberta muito pouca escória, sendo até nula em determinados casos, libertando apenas alguns resíduos de sílica, podendo ser utilizado para soldar chapas a partir de 6 mm de espessura. Também existem fios do tipo básico e rutílico para aplicações de maior nível de exigência, podendo ser utilizados para realizar soldaduras em todas as posições [68].

Este processo pode ser aplicado na união de aços ao carbono para trabalho à temperatura ambiente ou baixas temperaturas (até -60°C), aços macios e aços de alta resistência, aços inoxidáveis, algumas ligas com teor de níquel elevado, algumas ligas resistentes ao desgaste superficial e aplicações onde se queira evitar a ocorrência de porosidade. Seguidamente estão apresentadas vantagens e desvantagens características do processo [72].

Vantagens: controlo razoável da penetração, usa essencialmente corrente contínua, polaridade direta ou inversa, possibilidade de realizar soldaduras em todas as posições, boa taxa de deposição 1.5 a 2.5 kg/h (25% superior ao *MAG*), fator de marcha de 60%, automatização e material de adição contínuo [68].

Desvantagens: acessibilidade e mobilidade, libertação de escória (exceto dos fios de alma metálica), níveis de hidrogénio acima do desejável, risco de inclusões, exige adequada formação do soldador, custo dos gases de proteção, custo dos consumíveis, elevado custo do equipamento, restrições de natureza operatória e necessidade de ventilação forçada devido à libertação de fumos [68, 72].

2.2.1.4. Soldadura TIG (GTAW)

A soldadura *TIG* cria um forte arco entre um elétrodo de tungsténio, não consumível, e a peça de trabalho. O banho de soldadura e o elétrodo são protegidos por um gás inerte, geralmente árgon ou hélio. Pode ser usado sem material de adição até espessuras na ordem do 2 mm, fundindo apenas o material base da junta, ou pode adicionar-se material de adição, em forma de vareta, dando-se a fusão conjunta do material de base e de adição, Figura 53. O processo normalmente é realizado de forma manual, mas é possível também a sua aplicação em soluções automatizadas, nas quais, com a tecnologia moderna, se conseguem resultados excelentes. A soldadura por *TIG* é caracterizada por uma ótima estabilidade do arco e um controlo excelente da soldadura [71, 72].

Devido à sua natureza, este processo permite a sua utilização em muitos metais e ligas, tais como aços ao carbono, aços de liga, aços inoxidáveis, ligas resistentes a altas temperaturas, alumínio, berílio, cobre, magnésio, níquel, titânio, zircónio e respetivas ligas. O chumbo e o zinco são dificilmente soldáveis por este processo pois apresentam temperaturas de fusão relativamente baixas, dificultando assim o controlo do processo. Tal como todos os processos, o processo *TIG* também apresenta uma vasta gama de vantagens, sendo que também apresenta algumas desvantagens, que podem ser consultadas a seguir [72].

Vantagens: Soldadura em todas as posições, bom controlo da penetração, pode ser usado em *AC* ou *DC* (em função do material de base), permite soldar em todas as posições, boa acessibilidade, baixos níveis de hidrogénio, não produz escória, adequado para soldadura de baixas espessuras devido à excelente entrega térmica, pode ser usado sem material de adição pelo facto do elétrodo ser do tipo não-consumível, pode ser utilizado na maioria dos metais exceto os que têm ponto de fusão muito baixo, penetração perfeita e regular. Oferece maiores garantias na soldadura de caldeiras e permutadores de calor [68, 72].

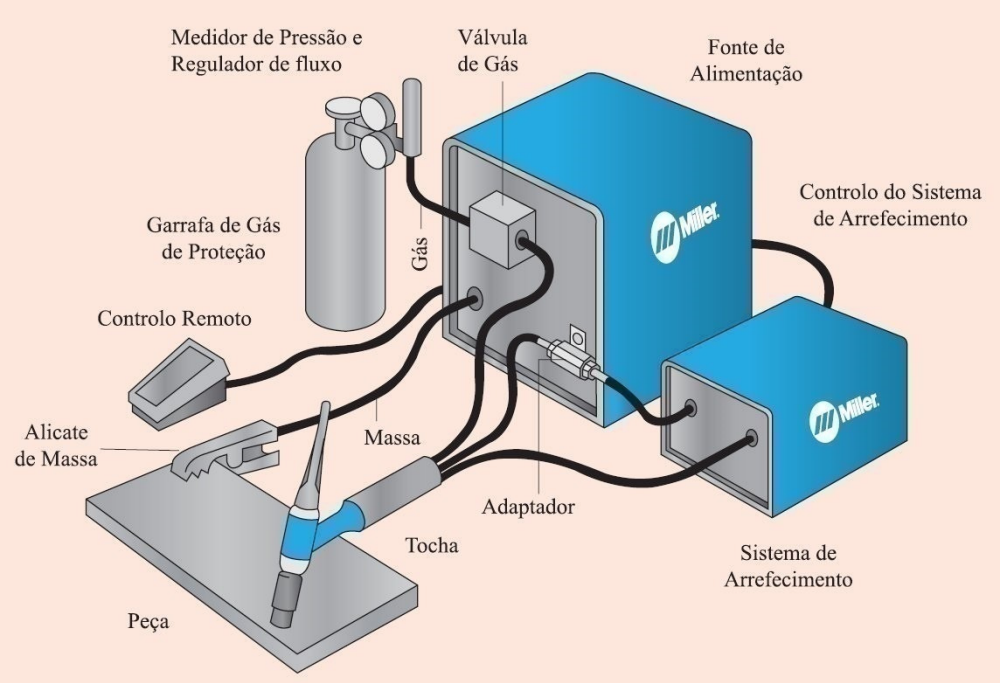


Figura 53 – Esquema de uma instalação de soldadura *TIG* [72].

Desvantagens: Comprimento fixo do consumível (para soldadura manual – máximo: 1000 mm por vareta), baixo rendimento (≤0,5 kg/h), baixo fator de marcha (≤30%), limitado a espessuras até cerca de 10 mm (em alguns casos poderá ir aos 12 mm), risco de inclusões de tungsténio provocadas pelo elétrodo não consumível, necessidade de formação apurada do soldador, grande sensibilidade a correntes de ar e custos elevados com os gases de proteção e do equipamento [68].

2.2.1.5. Soldadura por Plasma

Este método utiliza um gás plasmogénico (ou gás plasma) interior, responsável pela estabilidade do arco e em parte pela sua constrição, e um gás de proteção, exterior, responsável pela proteção do banho. O gás plasmogénico flui à volta de um elétrodo retraído, normalmente em tungsténio. O gás de proteção flui através de um injetor exterior tendo o mesmo papel que no processo *TIG*, Figura 54 [71].

O processo é semelhante ao *TIG*, no entanto, é considerado mais justo e mais concentrado, sendo menos sensível a variações do comprimento do arco, Figura 55, isto porque o arco de plasma não é tão cónico como no caso do *TIG*. A tensão aplicada no plasma é o dobro da tensão aplicada no *TIG*.

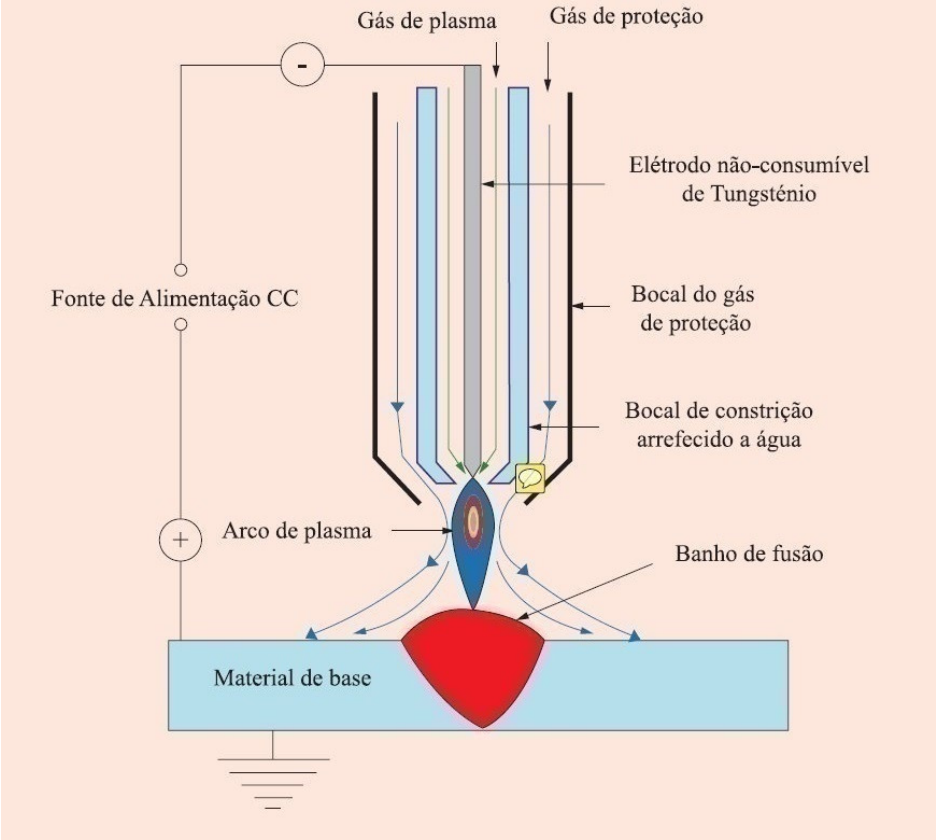


Figura 54 – Diagrama esquemático do processo de soldadura por plasma [72].

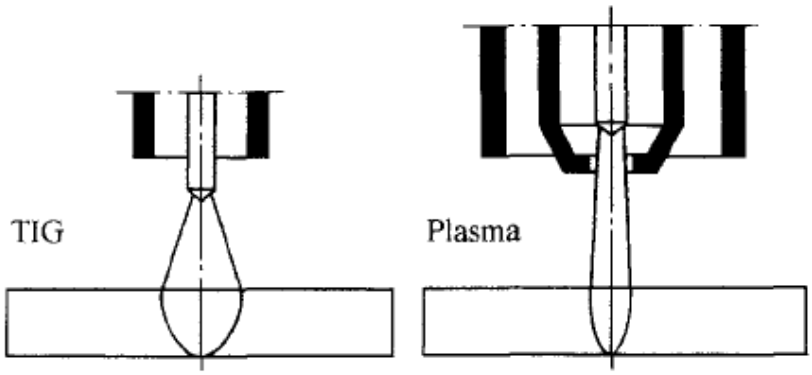


Figura 55 – Comparação do arco Plasma com arco *TIG* [71].

Neste processo, a fusão é conseguida através do calor obtido por um arco elétrico constrangido, podendo ser executado com ou sem material de adição. Quando se utiliza material de adição, este é aplicado através de um consumível do tipo fio sólido contínuo ou vareta. O gás de proteção utilizado pode ser o árgon, hélio ou mistura de ambos, ou ainda mistura de árgon com hidrogénio. O gás plasmogénico é inerte, sendo árgon, hélio ou mistura dos dois. Este processo é ideal quando se pretende altas velocidades de soldadura com boa qualidade e alto nível de confiança. É aplicável à maioria dos materiais, sendo que os aços inoxidáveis, ligas de níquel e titânio estão englobados no lote dos materiais onde se pode aplicar este processo de soldadura. Independentemente da espessura dos materiais de base, a soldadura por plasma é sempre uma boa opção. Devido às suas capacidades, este processo tem muitas áreas de aplicação na

indústria de material circulante rodoviário e ferroviário, construção naval, tubagens e tanques de armazenamento de produtos líquidos e sólidos (condutas, tanques e silos), em construção metálica (estruturas), entre outros. Em baixo estão algumas vantagens e desvantagens típicas deste processo de soldadura [72].

Vantagens: Soldadura em todos os metais, bom controlo da penetração, utiliza corrente *DC* (+), *DC* (-), AC e corrente pulsada, solda nas posições ao baixo (horizontal e vertical), fator de marcha cerca de 60%, automatização com ou sem material de adição, baixos níveis de hidrogénio e não produz escória, menor sensibilidade ao comprimento do arco, maior vida útil do elétrodo de tungsténio devido à posição recuada do mesmo, risco quase nulo de inclusões de tungsténio, pode soldar até 6 mm de espessura numa única passagem [68, 72].

Desvantagens: Acessibilidade e mobilidade, limitado a espessuras até 50 mm, grande dificuldade em aplicações manuais, grande sensibilidade a correntes de ar, custos dos gases de proteção e plasmogénicos, assim como os custos relativos à automatização [68].

2.2.1.6. Soldadura por Arco Submerso

A fusão do material base e do material de adição é obtida através do calor gerado por um arco elétrico. A proteção do banho é realizada através da utilização de um fluxo que é depositado por cima do arco elétrico, protegendo-o da atmosfera durante o processo e na fase de solidificação do cordão de soldadura Figura 56 [71].

Os constituintes do fluxo podem melhorar a composição química do metal depositado, sendo que é muito importante efetuar uma escolha adequada. O material de adição é aplicado no banho automaticamente por meio de uma bobina, sendo do tipo fio sólido contínuo ou fluxado. No entanto, não é muito comum a utilização de fios fluxados no arco submerso, pois é necessária a utilização de um sistema de roletes diferentes para a alimentação do fio. Isto porque o sistema usado para os fios sólidos, o que é mais comum, esmaga o fio fluxado tornando o arame irregular e o fluxo danificado. Esta técnica pode ser muito interessante porque assim obtém-se uma dupla proteção, através do fluxo exterior e pelo fluxo contido no arame. No entanto, não teve muita utilização na indústria devido ao sistema de alimentação ter de ser adaptado [68].

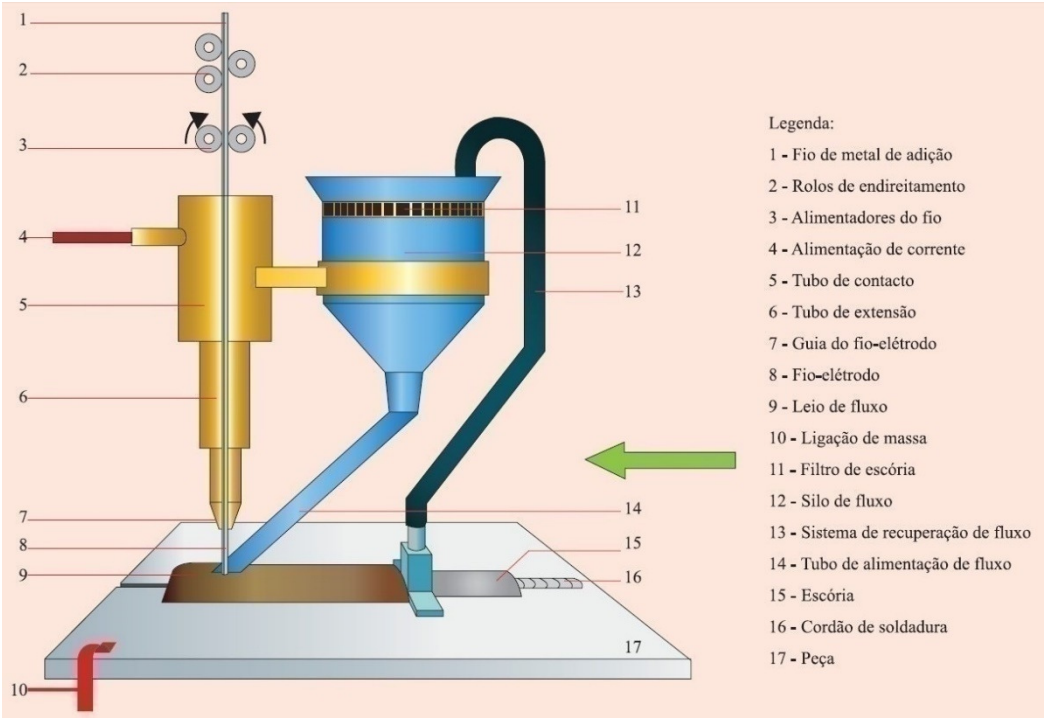


Figura 56 – Esquema do processo de soldadura por arco submerso [72].

É um método de soldadura que apresenta elevada produtividade, uma vez que é movimentado de forma mecânica e o metal de adição é contínuo. Pode usar mais que um arco, efetuando assim vários passes de soldadura, numa única passagem. Caracteriza-se também por se poder aplicar a grandes espessuras e permitir grande capacidade de penetração.

O processo pode ser utilizado na soldadura de aço ao carbono, aços de baixa liga, aços inoxidáveis, alumínio e cobre. É utilizado sobretudo em chapas com espessuras superiores a 8 mm, em soldadura de posição ao baixo onde são requeridos cordões bastante longos e retilíneos. Pode ser utilizado no fabrico de estruturas, manutenção e recuperação de peças metálicas, tais como, caldeiraria, silos de médio e grande porte, estaleiros navais, fabrico de postes metálicos para iluminação, telecomunicações ou energia eólica, fabrico de pórticos, pontes rolantes ou perfis de estruturas metálicas. Seguidamente são apresentadas algumas vantagens e desvantagens deste processo [72].

Vantagens: Elevada penetração, utilização em *AC* e *DC*, polaridade direta ou inversa, elevadas taxas de deposição (45 kg/h), fator de marcha de 100%, automatizado, elétrodo contínuo, na soldadura de chapas finas pode-se obter velocidades de cerca de 5 m/min, a libertação de fumo e emissão de luz nociva são desprezáveis, podem ser feitas soldaduras sem necessidade de abertura de chanfros, pode ser utilizado tanto em oficina como em estaleiros, sendo que não é facilmente afetado por correntes de ar, as peças apresentam baixos níveis de distorção, as soldaduras apresentam boa ductilidade e grande uniformidade, resistência à corrosão e

elevados valores de resistência ao impacto, o risco de projeção de salpicos é baixo e 50 a 90% do fluxo é recuperado [68, 72].

Desvantagens: Acessibilidade e mobilidade, escória proveniente do fluxo necessita ser removida, limitações das posições de soldadura (essencialmente ao baixo), risco de inclusões de escória, pode conter hidrogénio, maus passes de raiz, equipamento complexo, necessita de sistemas complexos de tratamento e filtragem do fluxo, tanto o fluxo como a escória poderão apresentar problemas para a saúde pública e na soldadura multipasse requer a remoção da escória no final de cada passe [68, 72].

2.2.2. Soldabilidade

Como já referido anteriormente, soldabilidade é a aptidão que um material apresenta à união por soldadura. A necessidade de se obter aços ao carbono com maior resistência mecânica levou à descoberta de novas ligas. Para tal, foram-se introduzindo maiores concentrações de carbono e de elementos de liga no aço. Com estas adições aumenta-se a resistência mecânica, por um lado, mas por outro prejudica-se a soldabilidade. Então, para que se crie um equilíbrio entre resistência mecânica e soldabilidade, há que fazer uma conjugação adequada entre os elementos de liga, incluindo o teor de carbono. Importante será referir que quando menor for o teor de carbono, melhor será a soldabilidade.

Em termos de resistência mecânica seria favorável aumentar o teor em carbono e restantes elementos de liga, mas isto prejudicaria a soldabilidade. Então, se se baixar o teor em carbono e mantiver a adição de elementos de liga, consegue-se melhorar ligeiramente a aptidão para a soldadura. Como a soldadura é um processo que envolve fusão, a energia necessária para o processo vai afetar o MB, provocando a sua fusão localizada e diferentes transformações metalúrgicas em função do afastamento. A partir duma certa distância, em relação ao centro de soldadura, a temperatura atingida é baixa e deixa de provocar alterações no MB [40].

A energia responsável pela realização da soldadura é muito importante, pois tem grande responsabilidade na microestrutura final da ligação. Esta energia é transferida por condução e designa-se por entrega térmica. A entrega térmica pode ser definida como a quantidade de energia fornecida por unidade de cumprimento de soldadura pela fonte de calor, que se move ao longo da junta. A sua expressão é a seguinte:

$$Q = k \times \left(\frac{U \times I}{v}\right) \times 10^{-3}$$

Onde:

- Q: entrega térmica (kJ/mm)
- k: fator de eficiência térmica (relativo a cada processo)
- U: tensão no arco (V)
- I: intensidade de corrente de soldadura (A)
- v: velocidade de soldadura (mm/s)

O incremento dos valores da entrega térmica resulta num aumento da temperatura atingida na soldadura, maior tempo de permanência a temperaturas mais elevadas e menor velocidade de arrefecimento. Isto pode causar o crescimento do tamanho de grão da microestrutura mais próxima do metal depositado, sendo que a zona afetada pela entrega térmica é também mais longa. Para entregas térmicas muito baixas, pode provocar falta de fusão do metal depositado [40].

2.2.2.1. Soldabilidade dos aços

A soldabilidade dos metais é uma característica da cada material, o que implica que em muitos casos, as juntas soldadas nem sempre garantam a resistência mecânica pretendida. Uma boa soldabilidade, por fusão, é obtida nos metais que formam uma série contínua de soluções sólidas na união. Quando isto não acontece, então surge uma menor soldabilidade. Nos casos em que a soldabilidade sólida é nula, então é praticamente impossível a soldadura por fusão. Neste caso, os metais terão que ser unidos por brasagem ou por processos no estado sólido [66].

A soldabilidade de um aço está intimamente ligada à sua tendência para apresentar microestruturas frágeis quando submetido a uma operação de soldadura. Essa tendência é tanto mais elevada quanto mais temperável for o aço, ou seja, maior aptidão para formar martensite. A martensite, como já referido, é um constituinte duro e frágil, logo é mais propício a que se criem fissuras na ligação. Um aço com elevada temperabilidade implica um maior cuidado. A temperabilidade de um aço está relacionada com o seu teor em carbono e dos teores de determinados elementos de liga. Durante a operação de soldadura ocorrem vários fenómenos que vão desde o estado líquido do metal até ao arrefecimento completo da ligação, Figura 57 [40, 67].

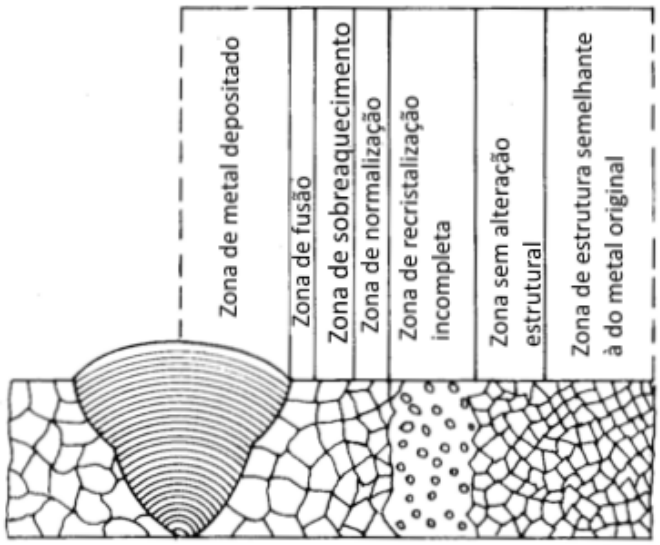


Figura 57 – Representação esquemática dos fenómenos metalúrgicos que ocorrem na soldadura de um aço [66].

Na zona de fusão existe uma transição entre o metal depositado e o MB, onde ocorreu uma fusão parcial e, durante um certo tempo, se deu uma mistura das fases sólida e líquida. Na zona de sobreaquecimento houve um aumento do tamanho de grão e formação de uma estrutura acicular. Esta é a região mais frágil da junta. Na zona de normalização, o metal é como que tratado, resultando grãos mais finos, o que se traduz em melhores propriedades mecânicas. Nas zonas mais afastadas do depósito de material de adição, obtém-se menor influência da soldadura na estrutura do material, pois nessas zonas foram atingidas menores temperaturas. Por vezes, nessa região mais afastada, verifica-se uma certa recristalização, mas pode ter sido provocada por deformação plástica antes da soldadura. A camada depositada é obtida pela fusão no metal de adição e da sua diluição com o MB na faixa estreita de fusão, Figura 58 e Figura 59 [66].

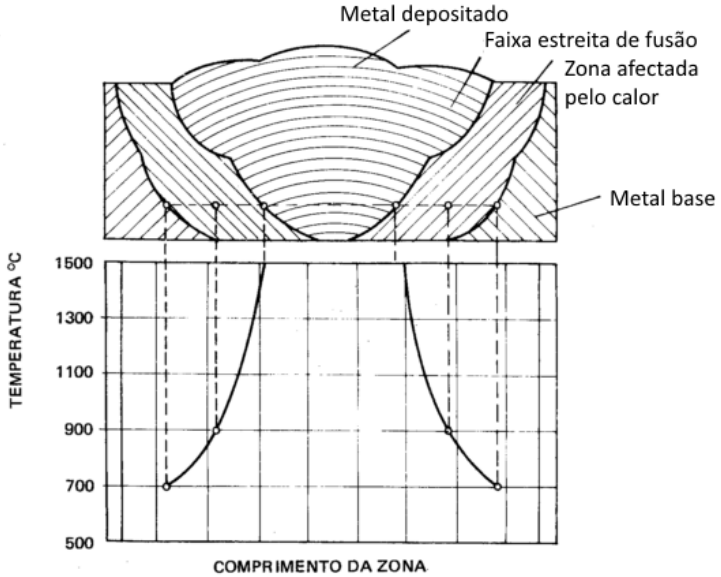


Figura 58 – Representação esquemática das zonas afetadas e respetivas temperaturas na soldadura de um aço [66].

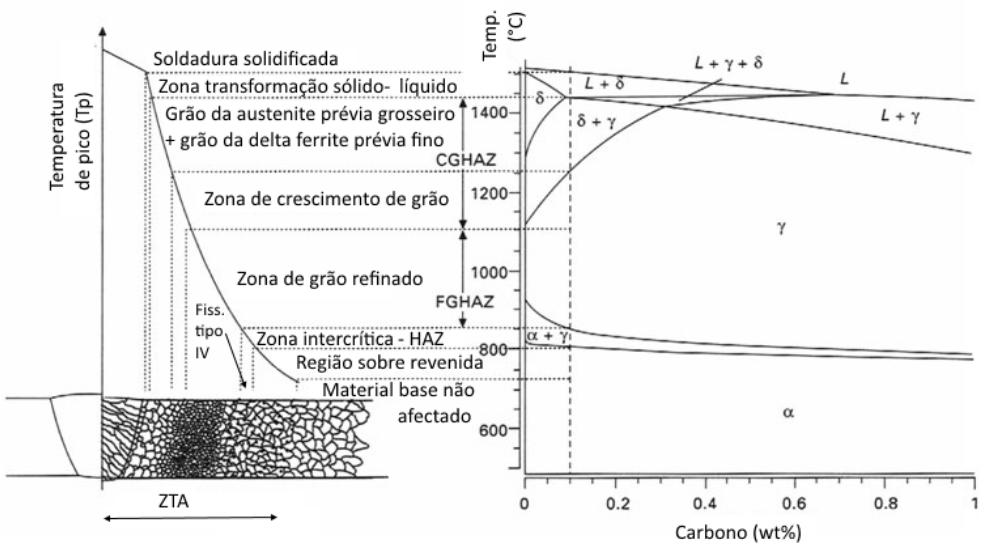


Figura 59 - Representação esquemática das várias zonas presentes na soldadura [63, 73].

O metal depositado apresenta uma estrutura metalográfica dendrítica. Quando o material de adição ou a zona adjacente do MB atingirem demasiada temperatura, os grãos do MB, durante o arrefecimento, ganham uma forma acicular, dando origem a uma estrutura conhecida pelo nome de "*Widmanstatten*". O metal que foi sobreaquecido apresenta uma menor resistência, sendo a junta soldada relativamente frágil.

Na ZTA, a estrutura do metal é modificada pelo rápido aquecimento e arrefecimento durante a operação de soldadura. A composição química nesta zona não sofre alteração. A dimensão da ZTA depende do processo de soldadura utilizado e do tipo de material de base [66].

Uma outra situação importante, que geralmente ocorre na maioria das juntas soldadas, é a utilização de soldaduras com mais do que um passe, designada por soldadura multipasse. Neste tipo de soldadura, a estrutura sofre alterações estruturais devido às sucessivas entregas de calor, gerando novas repartições térmicas, Figura 60.

O metal depositado nas soldaduras em multipasse é normalmente composto por um determinado número de sobreposições de cordões de soldadura. Devido a estas sobreposições, os ciclos de aquecimento e arrefecimento são repetidos várias vezes, afetando os cordões adjacentes. O metal depositado nas soldaduras multipasse é formado pela região colunar grosseira, região de grãos grosseiros recristalizados e região de grão fino recristalizado. A região recristalizada é composta por uma zona colunar grosseira dos cordões prévios, que foram re-austenitizados pelos cordões subsequentemente depositados, levando a uma estrutura equiaxial refinada [49].

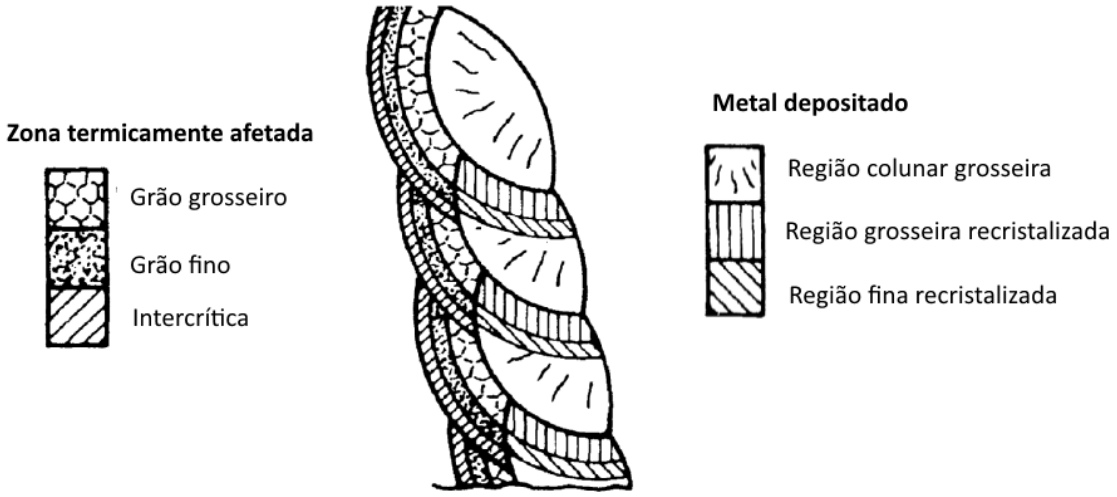


Figura 60 – Microestrutura esquemática de uma soldadura multipasses [41, 49].

A região recristalizada grosseira distingue-se da região fina devido à temperatura a que estas foram submetidas. A região mais próxima do passe depositado atinge temperaturas mais elevadas do que a zona afastada, provocando um maior crescimento de grão e dando origem a uma região de grão grosseiro [40].

Para que se obtenha um controlo dos fenómenos metalúrgicos presentes na soldadura, para que no final se obtenham as propriedades mecânicas satisfatórias, é necessário, em alguns materiais, a aplicação de diferentes etapas de tratamento térmico, tais como, pré-aquecimento, pós-aquecimento e tratamento térmico pós-soldadura (*PWHT*). A necessidade deste tipo de tratamentos térmicos pode ser indicada através da soldabilidade, que pode ser medida através do cálculo do CE (carbono equivalente) [40].

O cálculo do CE consiste em transformar o efeito de alguns elementos pelo efeito equivalente ao do carbono. Existem fórmulas especificadas para a determinação do CE, mas há que ter em atenção que estas impõem limitações em termos de composição química dos aços. Os elementos de liga que mais contribuem para a temperabilidade dos aços são os que entram em consideração para a determinação do CE, tais como C, Mn, Cr, Mo, V, Ni e Cu. O *IIW*, (*International Institute of Welding)* tem recomendações relativamente à determinação do CE. Na norma EN 1011-2 (*Welding - Recommendations for welding of metallic materials*), também podem ser encontradas recomendações nesse sentido. Aços com um teor de carbono superior a 0,25% são considerados dificilmente soldáveis, o mesmo pode se considera para os aços com CE superior a 0,60% [74, 75].

Para os aços de alta liga, incluindo os aços inoxidáveis, utiliza-se a temperabilidade para se determinar a aptidão à soldadura. No entanto, o termo soldabilidade está sempre relacionado com temperabilidade. Nestes casos, não é correto falar em CE, uma vez que estes aços possuem

na sua composição uma forte percentagem de elementos de liga, que por sua vez alteram o comportamento à soldadura, obrigando as curvas TTT a deslocarem-se para a direita, tornando assim o aço mais temperável. No entanto, os elementos de liga nem sempre tornam o processo mais difícil, pelo que existem determinados aços inoxidáveis que apresentam uma soldabilidade bastante boa. No entanto, existem outros que requerem mais cuidados, como por exemplo os aços inoxidáveis duplex. Um dos cuidados normalmente utilizados é o controlo de temperatura entre passes.

2.2.2.2. Estudos prévios da soldabilidade do aço de Grau 91

Este aço apresenta várias complicações metalúrgicas quando sujeito a operações de soldadura e conformação plástica. Estas complicações originam falhas prematuras devido ao projeto, tratamento térmico inadequado, experiência insuficiente dos soldadores ou falha na aplicação dos procedimentos. No entanto, a principal razão para estas falhas é a inadequada aplicação do tratamento térmico. Desta forma, para diminuir o aparecimento dessas falhas, as soldaduras devem ser realizadas com parâmetros corretos de soldadura. Os parâmetros passam pela seleção adequada dos materiais de adição, procedimentos de soldadura, pré-aquecimento, pós-aquecimento e *PWHT*. É também importante selecionar um soldador com as capacidades adequadas para a soldadura deste tipo de materiais [15].

O ciclo térmico aplicado durante e após a realização da soldadura, pré-aquecimento, pós-aquecimento e *PWHT*, é importante para diminuir o tamanho de grão, melhorando a ductilidade, que por sua vez, diminui a dureza, contribuindo para a diminuição da fragilidade. Estes problemas surgem com maior incidência na zona termicamente afetada pelo calor, provocada pelo ciclo térmico imposto pela soldadura [15, 47, 59].

Muitas das falhas começaram por surgir devido à incompatibilidade entre os materiais de mais alta resistência com os de menor resistência. Mesmo as soldaduras entre o T/P22 e o T/P91 podem ser um enorme desafio se não for usada uma adequada espessura no material de menor resistência. A dificuldade é ainda maior quando há uma larga incompatibilidade entre a resistência e a temperatura inferior de transformação crítica dos materiais.

Estes aços só devem ser usados em aplicações onde é mesmo necessária a resistência à fluência, caso contrário não deverão ser usados. Quando é necessário efetuar transições para materiais diferentes, estas devem ser feitas em regiões onde as temperaturas de funcionamento e as

tensões de projeto baixem para níveis dentro da capacidade do material de menor resistência, proporcionando assim um desempenho adequado.

As especificações e/ou códigos de construção definem ensaios para assegurar a garantia da qualidade, podendo não ser suficientes para detetar se o material está ou não degradado. As operações de transformação alteram a estrutura do material e se não forem tomadas as devidas medidas, este pode não ficar com a resistência pretendida. Normalmente, um teste utilizado para se identificar se as soldaduras sofreram um correto *PWHT* é efetuar um controlo de dureza, após o *PWHT* no cordão de soldadura, ZTA e MB. Esta prática é muitas vezes obrigatória pela maior parte dos códigos de construção, onde também estão definidos os valores mínimos e máximos permitidos. No entanto, este teste pode não ser suficiente, servindo apenas como uma mera indicação, visto que o método que permite fornecer informações precisas sobre o estado do material é a realização de um exame metalúrgico, através da análise da microestrutura [15].

Este exame metalúrgico é normalmente realizado em laboratório, com amostras, mas também pode ser utilizado em componentes sem que seja necessário retirar uma amostra. Esta técnica designa-se por réplica metalográfica, Figura 61, que apresenta bons resultados permitindo analisar o estado da microestrutura do material em diversas fases da vida dos componentes, quer na fase de conceção quer em serviço, permitindo assim verificar o estado de degradação por fluência.



Figura 61 - Realização de uma réplica metalográfica de um componente em serviço (ARSOPI, 2012).

Materiais com alto teor de crómio são suscetíveis à fissuração a frio, sendo que se tornam mesmo necessários os cuidados adicionais atrás referidos quando se pretende aplicar processos de soldadura. Na maioria das aplicações é comum fazer-se os ensaios não destrutivos na soldadura, 48 horas após o tratamento térmico, pois é o período no qual se entende que a fissuração pode ocorrer, caso o processo de soldadura e respetivo *PWHT* não tenham sido realizados corretamente.

Como já referido, nos aços CrMo utiliza-se o termo de temperabilidade para a avaliação da aptidão do material para soldadura, sendo que nos restantes aços ao carbono usa-se a soldabilidade. Como sabemos, este aço tem uma estrutura martensítica, logo apresenta estruturas mais fragilizadas, caracterizando-se por ser um material com um grau de temperabilidade mais elevado, pelo que necessita de cuidados adicionais para a operação de soldadura, tais como pré-aquecimento, pós-aquecimento e revenido (*PWHT*) para o controlo dos fenómenos metalúrgicos.

Na verdade a operação de soldadura, dita fusão, é bastante simples pois consegue-se obter um bom controlo do arco e, como consequência, um banho de fusão muito estável, sendo que um soldador com experiência consegue facilmente obter bons resultados. O que torna a operação complicada são as operações adicionais para o controlo dos fenómenos metalúrgicos, como referido.

É necessária a realização de um ciclo térmico que começa com um pré-aquecimento a uma dada temperatura, seguindo-se um pós-aquecimento, no final da soldadura, à mesma temperatura do pré-aquecimento. No final, é necessário reduzir a temperatura lentamente abaixo dos 100°C, para permitir uma completa transformação da austenite em martensite. Esta prática pode nem sempre ser possível de realizar em componentes de maior espessura. Após decorrida esta operação, realiza-se o revenido. Caso não seja possível efetuar-se o revenido após a soldadura, estas devem ser mantidas num local seco durante um prazo máximo de uma semana. Na Figura 62 está representado um esquema típico de um ciclo térmico aplicado à soldadura do material de grau 91 [28].

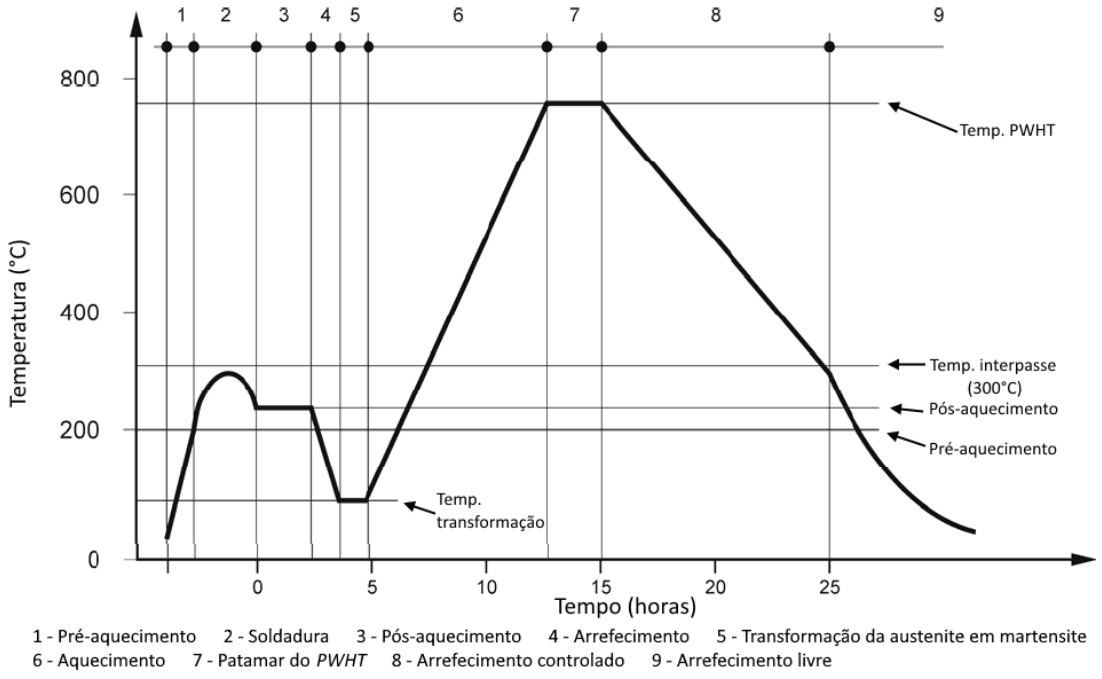


Figura 62 - Ciclo térmico típico para a soldadura do grau 91 [64].

Por vezes pode também ocorrer uma nova alteração microestrutural, caracterizada pelo aparecimento de micro-segregações, heterogeneidades localizadas da composição química, durante a solidificação do metal depositado. As microsegregações podem reter a austenite no cordão de soldadura. Essa austenite retida é chamada de austenite residual, sendo a fase austenítica que não sofreu transformação martensítica durante o arrefecimento iniciado no domínio austenítico do aço. No final do arrefecimento, uma quantidade de austenite fica retida na microestrutura do material. A austenite residual presente na microestrutura do aço é prejudicial, já que impede o aço de adquirir a dureza e resistência prevista, afetando assim as suas propriedades mecânicas. Por outro lado, há a possibilidade da austenite se transformar em martensite em serviço, originando tensões que podem provocar fissurações ou fratura do material. No entanto, esta austenite residual irá estar sempre presente no material, mas pretende-se que esteja na menor quantidade possível. Por este motivo é que é importante baixar a temperatura da junta até temperaturas abaixo de M_f, para garantir a transformação da austenite em martensite, como referido acima. É importante referir que estas micro-segregações podem também fazer variar as temperaturas M_s e M_f [40].

2.2.2.3. Tipos de fissuração na soldadura

Uma das grandes preocupações existentes no processo de soldadura é a fissuração. Por este motivo, devem ser estabelecidos procedimentos para minimizar este problema, que pode ocorrer com frequência. Normalmente a fissuração no aço de grau 91, nas juntas soldadas, ocorre na região de grão fino da ZTA, muito próxima do MB, sendo que algumas falhas também podem ocorrer no MB, na zona adjacente à soldadura. Estas falhas tanto podem surgir na fase de conceção dos equipamentos como em serviço, quando os equipamentos são submetidos a regimes de fluência [28, 57].

A fissuração que pode ocorrer é classificada quanto à sua localização em quatro tipos, fissuração do tipo I, II, III e IV, caso ocorram no metal depositado ou ZTA. Os tipos de fissuras podem fornecer informação da localização e orientação das mesmas. As fissuras do tipo I estão orientadas no sentido transversal ou longitudinal, sendo que estão localizadas na própria soldadura, ou seja, metal depositado. As fissuras do tipo II são similares às do tipo I, mas crescem fora ou estendem-se além do metal depositado. A fissuração do tipo III é localizada na ZTA, na região onde há formação de grãos grosseiros. A fissuração do tipo IV forma-se na região de grão fino, também na ZTA, Figura 63.

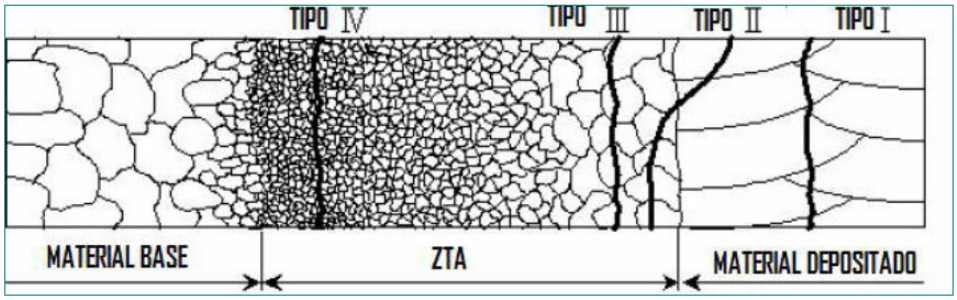


Figura 63 - Localização dos tipos de fissuração na soldadura [44].

O grau 91 é designado como um aço ferrítico/martensítico, e como tal é mais suscetível a fissuração do tipo IV, Figura 64 e Figura 65, mesmo depois do *PWHT*. Nesta região, a microestrutura está mais enfraquecida do que na restante ZTA [21, 22, 46, 56, 76].

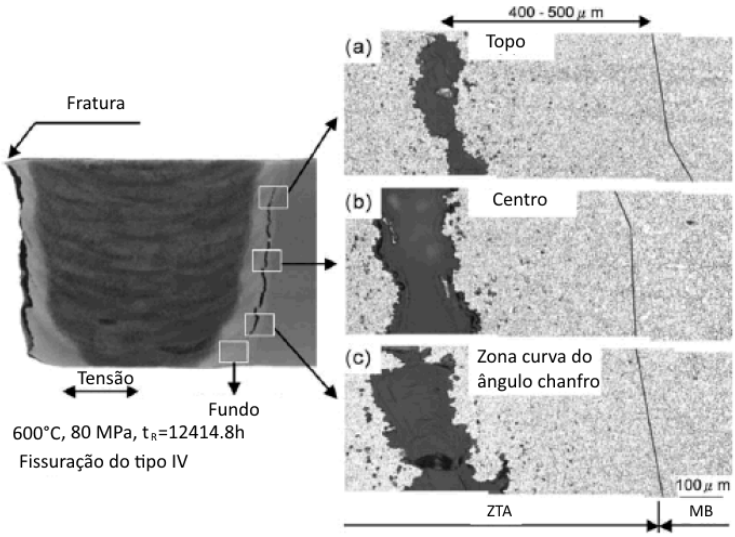


Figura 64 - Perfil de uma junta soldada com fissuração do tipo IV [49].

A fissuração do tipo IV depende dos gradientes de temperatura na microestrutura e propriedades na ZTA nas ligações soldadas, Figura 66. O *PWHT* é aplicado para revenir a ZTA e o metal depositado, sendo que a fissuração do tipo IV tem lugar na região designada, na bibliografia por região intercrítica/grão fino da zona termicamente afetada *(fine grain/ inter critical heat affected zone)*.

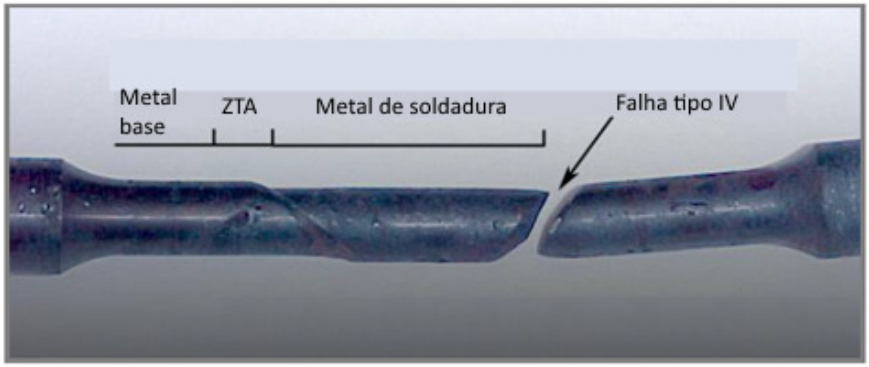


Figura 65 - Provete de ensaio de tração com fissuração do tipo IV [6].

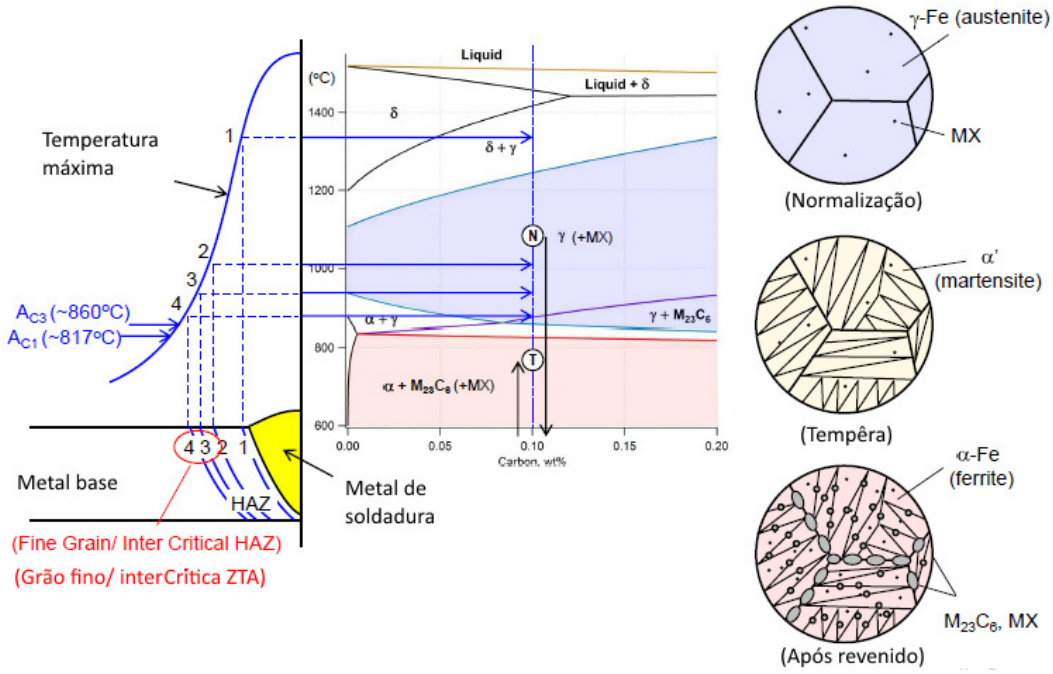


Figura 66 – Diagrama de fase calculado para o grau 91: localização da fissuração do tipo IV [6].

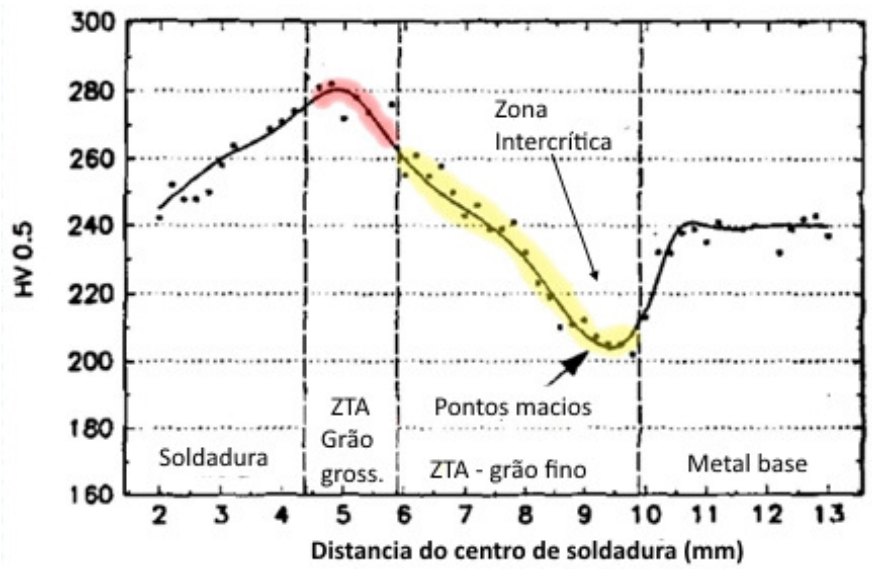


Figura 67 - Representação da dureza na secção da soldadura em P/T91 [19].

Na localização onde se dá este tipo de fissuração, tipo IV, há uma zona de pontos macios, *soft spots*, que originam uma variação média da dureza para valores abaixo do previsto, Figura 67 [15].

Como já referido, a zona termicamente afetada situa-se a seguir ao cordão de soldadura. Dentro desta zona podemos encontrar uma região de grão grosseiro (*CGHAZ – Coarsed grain heat affected zone)* e uma região de grão fino (*FGHAZ – Fine grain heat affect zone)*. É precisamente na região de grão fino, zona intercrítica, que são encontrados os valores de dureza mais baixos de toda a ligação, incluindo MB, Figura 68. Nessa zona, as propriedades de fluência são inferiores, sendo aí o local de ocorrência de fissuração, tipo IV.

Em ambiente de laboratório, facilmente se pode distinguir, através de ensaios de microdureza, as regiões de grão fino e grosseiro na ZTA. No entanto, em ambiente industrial já não acontece o mesmo. Pode-se admitir, através de estudos realizados, que a região de grão grosseiro tem uma dureza superior em cerca de 20 HV à do metal depositado, sendo que a região de grão fino tem uma dureza cerca de 20 HV inferior à do MB [16].

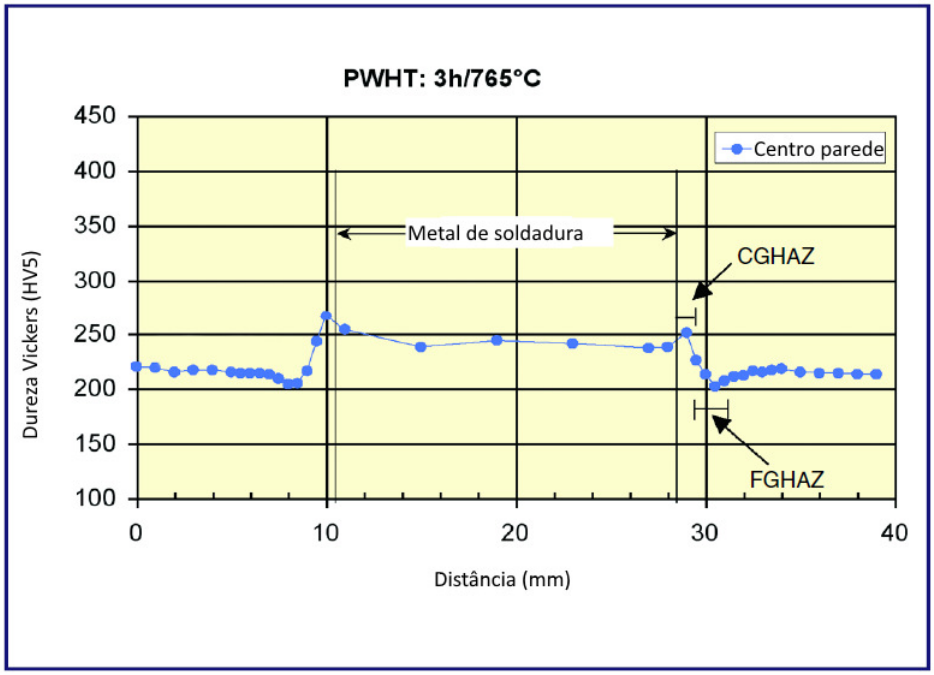


Figura 68 - Dureza típica de uma soldadura no aço de grão 91 [16].

Têm vindo a ser efetuados diversos estudos para tentar encontrar a causa da formação dos pontos macios. Julga-se que estes pontos macios resultam de excesso de temperatura que o material possa ter atingido naquela zona. Esta situação pode ter sido iniciada na fase de pré-aquecimento e/ou tratamento térmico, bem como durante a soldadura. No entanto, sabe-se que esta região é parcialmente re-austenitizada pelo reaquecimento durante a realização das operações de soldadura, onde a maioria do carbono e azoto é precipitado a partir da solução [15, 28].

No que diz respeito às causas de como a fissuração é desenvolvida, o aço de grau 91, tal como os restantes aços CrMo, também apresenta várias formas características. Neste material pode surgir fissuração a frio, também conhecida por fissuração induzida por hidrogénio, fissuração a quente e fissuração por corrosão sob tensão.

Para que ocorra fissuração a frio é necessário que estejam presentes as seguintes variáveis: uma microestrutura sensível, nível suficiente de hidrogénio e um elevado nível de tensões, Figura 69.

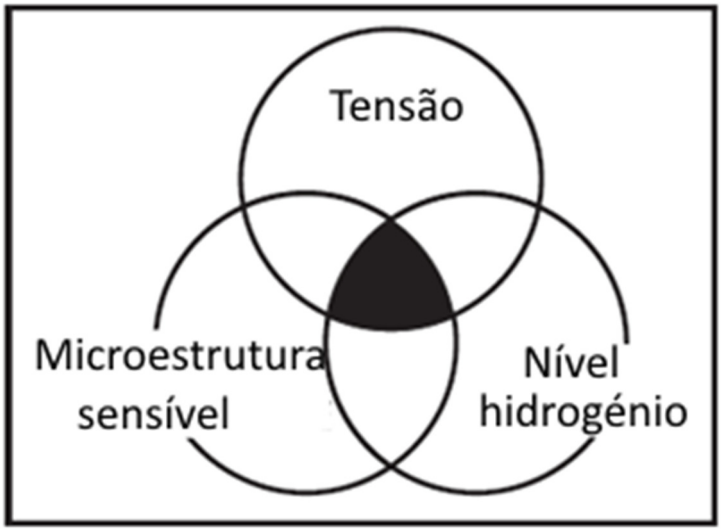


Figura 69 - Critério para que ocorra fissuração induzida por hidrogénio [77].

Nos aços ferríticos, a fragilização por hidrogénio, Figura 70 e Figura 71, apenas ocorre a temperaturas próximas da temperatura ambiente. As fissuras podem ser transcristalinas ou intercristalinas, seguindo preferencialmente as juntas de grão da austenite prévia. Uma forma de se prevenir este tipo de fissuração é a realização do pré-aquecimento, controlo de temperatura entre passes e pós-aquecimento [77].

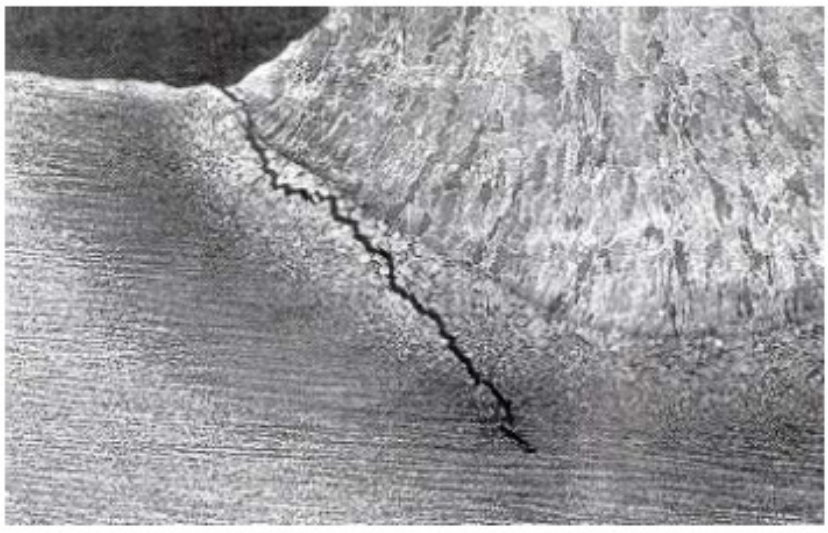


Figura 70 - Fissuração induzida pelo hidrogénio [78].

A fissuração a quente no reaquecimento, é um tipo de problemas que se desenvolve ao longo das fronteiras de grão do MB adjacente ao metal de adição, fissuração intergranular. Este problema ocorre normalmente entre os 500 e 600°C, durante o aquecimento, na realização do tratamento térmico, Figura 72.



Figura 71 - Fissuração induzida por hidrogénio de um aço ao CrMo (ARSOPI, 2012).

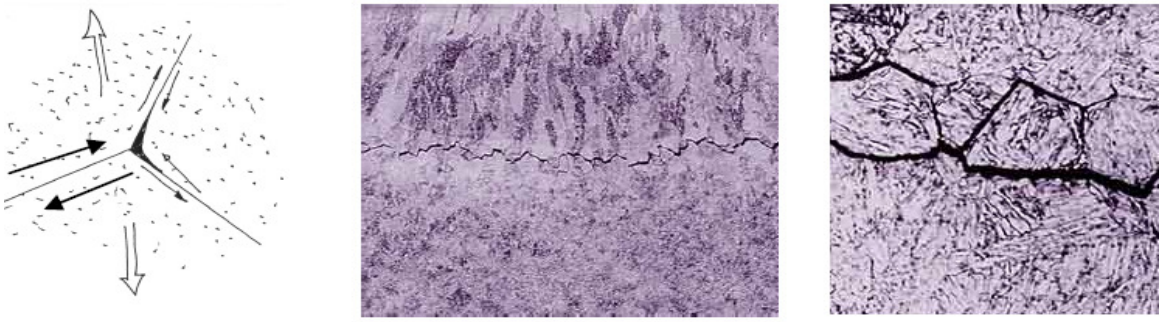


Figura 72 – Mecanismo de fissuração no reaquecimento [78].

Este tipo de fissuração surge devido à precipitação de carbonetos no interior do grão, preferencialmente junto às deslocações, o que aumenta a sua resistência, associada a segregação de impurezas na fronteira de grão da zona sobreaquecida. O material fica com menor ductilidade e a deformação para adaptar as deformações térmicas verifica-se preferencialmente nas juntas de grão, dando origem às fissuras [78].

Estão disponíveis na literatura metodologias para ajudar na prevenção da fissuração no reaquecimento, sendo que uma das mais utilizadas consiste na avaliação do risco de fissuração com base na composição química do MB e do metal de adição, através do cálculo de dois fatores: o fator J, desenvolvido por *Watanabe* apenas para o MB, e o fator X de *Bruscato* para o MB e o de adição. As fórmulas para os dois fatores são [12, 40]:

- $J = (Si + Mn)(P + Sn) \times 10^4 (elementos\ em\ \%\ peso)$
- $X = \frac{(10P+5Sb+4Sn+As)}{100}\ (elementos\ em\ \%\ peso\ e\ resultados\ em\ ppm)$

Para valores de J inferiores a 120 e de X inferiores a 15, significa que o MB e de adição apresentam resistência suficiente à fragilização. No entanto, podem surgir especificações que indicam um valor inferior a 10 para o *Bruscato*. Quanto mais baixo for o valor de X e de J, menores serão as quantidades de impurezas (P, Sb, Sn e As) no metal, e portanto, menor será a sua suscetibilidade à fissuração no reaquecimento. Um teor de Ni+Mn inferior a 1,1% pode também ser estabelecido para aumentar a resistência à fragilização [12, 31, 40, 79].

A fissuração devido à corrosão sob tensão resulta da combinação de tensão e corrosão. Esta fissuração está presente nas soldaduras, sendo que também pode ocorrer em curvaturas e em zonas retas do material na condição de "sem revenido". Para que o mecanismo se desenvolva é necessária uma microestrutura suscetível a altas tensões localizadas e a introdução de contaminantes. O mecanismo pode ser acelerado em condições de exposição ao ambiente, nomeadamente humidade, principalmente em componentes que se encontrem numa condição de "sem revenido" [21].

Muitos fabricantes de componentes realizam soldaduras, sendo que depois só realizam o *PWHT* quando tiverem uma quantidade de ligações suficientemente grande para ser colocada em forno. Em muitos casos este intervalo de tempo é de semanas ou até de meses, tempo suficiente para que ocorra fissuração sob tensão. Com isto, estão presentes as condições necessárias para acelerar este processo de fissuração [21].

2.2.2.4. Materiais de adição

No mercado está disponível uma variada gama de consumíveis de soldadura para o material de grau 91, de acordo com a *AWS (American Welding Society*) e outras especificações. No anexo VI, encontra-se uma tabela com materiais de adição disponíveis para alguns aços CrMo nos diferentes processos de soldadura. Na Tabela 17, estão disponíveis materiais de adição, de acordo com a *AWS*, para o grau 91 e na Tabela 18 a especificação aplicável para os diferentes processos, também de acordo com a AWS.

Tabela 17 – Materiais de adição para a de soldadura do aço de grau 91 [13].

	Processo de Soldadura				
Material	***SMAW***	***GMAW***	***GTAW***	***SAW***	***FCAW***
T/P91	E9016-G E9016-B9 E9015-B9	ER90S-G	ER90S-G ER90S-B9	F10PZ-EG-G F9PZ-EB9-B9	E91T1-B9

Tabela 18 – Especificação para os materiais de adição T/P91, de acordo com *ASME/AWS* [17, 80].

Processo de soldadura	Especificação: A/SFA	Classificação
SMAW	5.5	E90XX-B9
SAW	5.23	EB91+flux
GTAW	5.28	ER90S-B9
FCAW	5.29	E91T1-B9

Os materiais de adição para os aços grau 91, e também para os restantes aços 9-12%Cr, são formulados para terem uma composição química e um desempenho semelhante às do material base, Tabela 19. Deve-se sempre consultar os fornecedores de materiais de adição para se obter informação detalhada sobre as suas propriedades, composição química e propriedades mecânicas. Geralmente os parâmetros de soldadura, principalmente a temperatura de pré-aquecimento, pós-aquecimento e revenido, também são fornecidos. Se não estiverem em conflito com os códigos de construção aplicáveis, estes devem ser utilizados.

Tabela 19 – Comparação da composição química (*% peso*) do material de Grão 91 com os materiais de adição [13, 28, 80].

	SA213 T91	**ER90S-B9**	**E9016-B9**	**EB9-B9**	**E91T1-B9**
	MB	*GTAW*	*SMAW*	*SAW*	*FCAW*
C	0,07-0,14	0,07-0,13	0,08-0,13	0,07-0,13	0,08-0,13
Mn	0,30-0,60	1,20 max.	1,20 max.	1,25	1,20
Si	0,20-0,50	0,15-0,50	0,30 max.	0,50	0,50
P	0,020 max.	0,10 max.	0,01 max.	0,010	0,020
S	0,010 max.	0,010 max.	0,01 max.	0,010	0,015
Cr	8,00-9,50	8,00-10,50	8,0-10,5	8,50-10.5	8.0-10,5
Mo	0,85-1,05	0,85-1,20	0,85-1,20	0,80-1,10	0,85-1,20
Ni	0,40 max.	0,80 max.	0,80 max.	1,00 max.	0,80 max.
V	0,18-0,25	0,15-0,30	0,15-0,30	0,15-0,25	0,15-0,30
Cu	----	0,20 max.	0,25 max.	0.10 max.	0,25
Nb	0,06-0,10	0,02-0,10	0,02-0,07	0,020-0,10	0,02-0,10
N	0,030-0,070	0,03-0,07	0,02-0.07	0,030-0,07	0,02-0,07
Al	0,02 max.	0,04 max.	0,04 max.	0.04 max.	0,04
Mn+Ni	---------	1,5 max.	1,5 max.	1,5 max.	1,5 max.

Os teores de N, Ni, Mn e Nb foram otimizados para fortalecerem a ligação. O N tem um papel importante na rotura por fluência, aumentando também a tensão de cedência e tensão de rotura. No entanto, pode causar uma perda de ductilidade e tenacidade. O Mn e Ni não têm muita influência na tenacidade, mas sabe-se que mantendo os teores perto do limite máximo da especificação do material base, esta propriedade pode ser melhorada. Por outro lado, o Mn + Ni têm influência, como já referido, na temperatura AC_1. Em determinadas aplicações que requerem maior tenacidade, o teor de Ni+Mn pode atingir os 2,4%. O Nb têm uma influência negativa na tenacidade, no entanto têm uma ótima influência na rotura por fluência [20].

A seleção dos materiais de adição adequados é sempre um processo fundamental requerendo muita atenção por parte dos responsáveis da soldadura. Determinados problemas surgem devido a uma escolha não adequada dos materiais de adição. A fissuração ou outros fenómenos indesejáveis nas fronteiras de grão podem ser minimizados utilizando materiais de adição com baixos elementos residuais, bem como os que tenham uma relação Mn/S maior que 50. É também muito importante que as percentagens de Nióbio e Azoto não excedam os valores limite, pois traduzem-se de imediato numa má soldabilidade, embora estes também sejam alguns dos elementos fundamentais para que o aço grau 91 possua as ótimas propriedades que apresenta. Estas recomendações permitem uma redução de potenciais problemas que podem ocorrer, como resultado de uma baixa fusão dos constituintes ou outos precipitados que influenciam a integridade da fronteira de grão [17].

2.2.2.5. Pré-aquecimento, temperatura interpasse

O pré-aquecimento promove a difusão do hidrogénio da soldadura, evitando a fissuração induzida pelo hidrogénio. Também têm um importante papel na prevenção da fissuração a quente nos aços ao CrMo. A temperatura de interpasse tem também como função, reduzir o risco de fissuração provocada pelo hidrogénio, bem como um papel importante na preservação das propriedades mecânicas. A temperatura adequada para um pré-aquecimento e interpasse depende do tipo de aço, espessura do componente e difusibilidade do hidrogénio na soldadura [32].

O pré-aquecimento consiste em aquecer os componentes a uma dada temperatura, e mantê-la até ao final da soldadura. Este procedimento tem como objetivo reduzir o gradiente térmico entre o MB e o banho de fusão do metal durante a soldadura. Estas condições são favoráveis à diminuição da velocidade de arrefecimento, permitindo uma maior libertação de hidrogénio.

Isto possibilita a formação de uma microestrutura menos dura e frágil, com menores tensões residuais, tornando-se menos suscetível à fissuração. A temperatura entre passes ajuda a prevenir a possibilidade de fissuração a quente devido ao alto teor de silício e nióbio presente no material de adição. Tem como fundamento a definição de um intervalo de temperatura na soldadura quando se inicia um passe. Normalmente, o limite inferior corresponde ao valor da temperatura de pré-aquecimento, sendo que o limite superior para este material ronda os 300°C [81, 82].

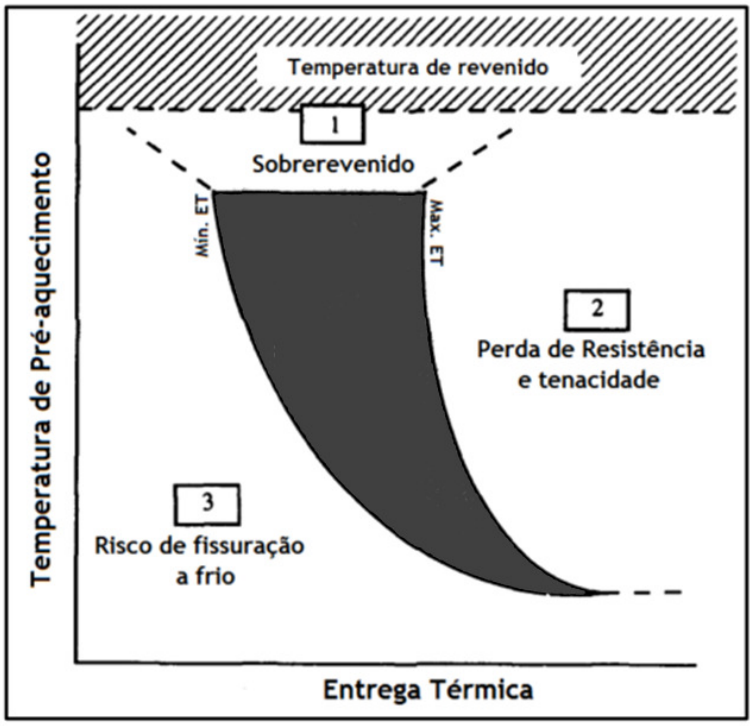


Figura 73 - Pré-aquecimento e entrega térmica para as soldaduras de aços temperados e revenidos [83].

Para que as soldaduras apresentem um bom comportamento, é necessário um equilíbrio entre a entrega térmica e a temperatura de pré-aquecimento. Esse equilíbrio está representado na região a cinzento da Figura 73, onde fora dessa região podemos ter três situações diferentes, sobrerevenido, perda de resistência e tenacidade e risco de fissuração a frio. Para temperaturas de pré-aquecimento muito elevadas, próximas do intervalo de temperaturas do revenido, pode ocorrer sobrerevenido, região 1. Para entregas térmicas mais elevadas, a soldadura poderá ter perdas de resistência e tenacidade, região 2. Para entregas térmicas reduzidas, aumenta o risco de fissuração a frio, região 3 [83].

Para a realização de um adequado pré-aquecimento, aconselha-se o uso de resistências elétricas, pois são de fácil aplicação e adaptam-se com facilidade aos diferentes componentes, permitindo um controlo adequado da temperatura. Para o efeito devem ser tomados os devidos cuidados na sua montagem. O primeiro cuidado passa pela colocação dos termopares, onde deve ser respeitada a distância entre a zona de soldadura e a zona de fixação dos termopares.

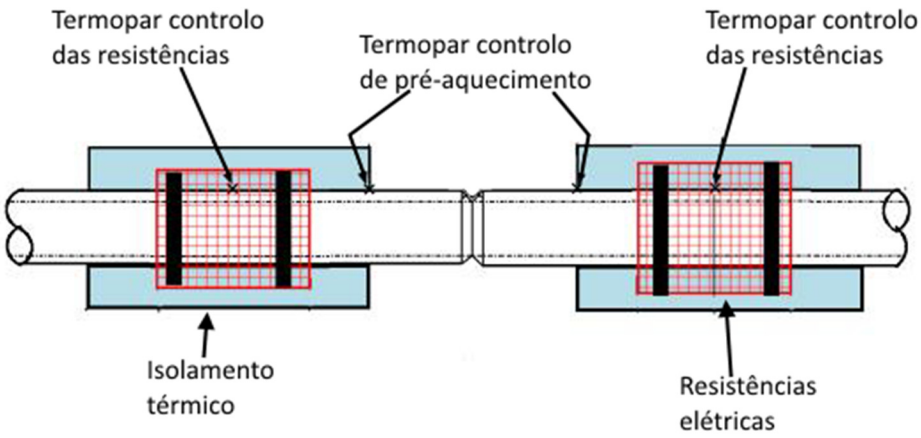


Figura 74 - Esquema de montagem de um pré-aquecimento [57].

Isto porque, para que seja possível a realização da soldadura, é necessário que o espaço esteja desimpedido, então o termopar tem de ser fixado numa zona afastada. Esta distância deve estar de acordo com as normas e/ou códigos aplicáveis. Outro cuidado passa pela montagem das resistências elétricas, pois têm de garantir que se obtém na zona de soldadura a temperatura adequada. Caso estas fiquem demasiado afastadas, há necessidade de aumentar a temperatura nas resistências, para que na zona útil de soldadura se tenha a temperatura pretendida. Isto pode originar uma temperatura demasiado elevada, no material em contacto com as resistências elétricas, que pode ultrapassar a linha AC_1 e, como consequência, originar zonas fragilizadas, Figura 74.



Figura 75 - Pré-aquecimento para elaboração de um procedimento de soldadura, SA335P91 *GTAW* (*Gas tungsten arc welding*) + *SMAW* (*Shielded metal arc weld*ing) (APPinho, 2013).

Portanto, o pré-aquecimento não deve ser efetuado com maçaricos ou outra fonte de chama direta, como geralmente se utiliza noutros tipos de materiais pois, nestes casos, não se consegue obter um controlo correto da temperatura. Na Figura 75, Figura 76 e na Figura 77, encontram-se exemplos de um pré-aquecimento realizado com resistências elétricas e na Figura 78, encontra-se a monitorização da temperatura.



Figura 76 – Pré-aquecimento para a realização de uma soldadura no material P/T91, *FCAW* (*Flux cored arc welding*) – Orbital [28].



Figura 77 – Pré-aquecimento para a realização de soldadura na material P/T91, *GTAW* + *SMAW* (APPinho, 2013).



Figura 78 - Monitorização da temperatura (APPinho, 2013).

A interrupção do ciclo de aquecimento deve ser sempre evitada, sendo que se deve ter em conta a quantidade de material de adição depositado. Em tubos de maior secção, traduz-se num aumento de material depositado e também em taxas de arrefecimento maiores. A área de soldadura é sujeita a uma tensão residual quando apenas se preencheu uma pequena quantidade de depósito no chanfro, sendo também menos dúctil. Se a paragem for inevitável, deve-se encher pelo menos um quarto da espessura da parede e manter à temperatura de pré-aquecimento, até que se retome de novo a soldadura. Isto acontece em operações de soldadura que demoram muito tempo e em que não é possível o soldador efetuar o serviço num único turno. Então, é necessário parar a operação e retomar no dia seguinte [17].

Na Tabela 20, estão representadas temperaturas de pré-aquecimento e interpasse recomendadas por um fornecedor de materiais de adição, "Kobelco", para diferentes materiais. Estas temperaturas podem ser utilizadas, a não ser que estejam em conflito com os códigos aplicáveis, neste caso, prevalece o código. Na Tabela 21 encontram-se os valores de temperatura para o pré-aquecimento e interpasse segundo o código de construção *ASME*.

Tabela 20 – Temperaturas recomendadas pela Kobelco [13].

Tipo de Aço	Pré-aquecimento / interpasse (°C)	Tipo de Aço	Pré-aquecimento / interpasse (°C)
0.5Mo	100-200	**Low C 2.25Cr-W-V-Nb**	150-250
0.5Cr-0.5Mo	150-250	**5Cr-0.5Mo**	250-350
1-1.25Cr-0.5Mo	150-300	**9Cr-1Mo**	250-350
2.25Cr-1Mo	200-350	**9Cr-1Mo-V-Nb (grau 91)**	250-350
2.25Cr-1Mo-V	200-350	**9-12Cr-W-V-Nb**	250-350

Tabela 21 - Temperaturas requeridas pelo *ASME II Part C,* para diferentes processos de soldadura [80].

Processo	Especificação	Classificação	Temperatura de Pré-aquecimento e interpasse (°C)
SMAW	5.5	E9016-B9	200-315
SAW	5.23	EB91+Flux	260 ±50
GTAW	5.28	ER90S-B9	205-320
FCAW	5.29	B9	260 ±50

A temperatura de pré-aquecimento pode ser fornecida pelos fabricantes de materiais de adição, pelas normas e/ou códigos de construção. É também muito comum fazer-se a determinação da temperatura de pré-aquecimento pela norma EN 1011-2. Esta norma relaciona determinados parâmetros, tais como: composição química do MB (pelo CE), espessura dos metais a unir, entrega térmica do processo de soldadura, teor de hidrogénio próprio do processo de soldadura e nível de constrangimento da junta soldada [17, 74, 81, 84].

Existe também um método que pode ser aplicado para os aços resistentes a altas temperaturas, que se baseia na temperatura de início de transformação martensítica, M_S. Segundo Béres, investigador deste método, num artigo publicado em 2003 pela *AWS* na *Welding Research*, o objetivo consiste em estabelecer uma temperatura de pré-aquecimento situada entre M_S e M_f. No entanto, como já referido anteriormente, na indústria é muito comum usarem-se temperaturas fornecidas pelo fabricante dos materiais de adição [40].

2.2.2.6 Pós-aquecimento

O pós-aquecimento é efetuado imediatamente no final da operação de soldadura. É utilizado para minimizar uma potencial fissuração induzida pelo hidrogénio nas soldaduras, principalmente em componentes de maior espessura e soldaduras do tipo de fluxo. É possível evitar a fissuração na microestrutura suscetível pela difusão do hidrogénio da região de soldadura, antes que ocorra o arrefecimento. Após a conclusão da soldadura, esta não pode ser arrefecida até à temperatura ambiente. Deve ser mantida à temperatura de pré-aquecimento, durante uma quantidade mínima de tempo. De seguida, deve ser arrefecida lentamente até à temperatura ambiente para forçar a completa transformação da austenite em martensite. No entanto, vários códigos de construção e requisitos de serviço podem aplicar uma variedade de temperaturas e tempos de estágio. O mais comum é aplicar uma temperatura de 230°C e um tempo de patamar de 1 hora por cada 25 mm de espessura. Na Figura 79 está representado um exemplo de ciclo típico de pós-aquecimento [77, 81, 82].

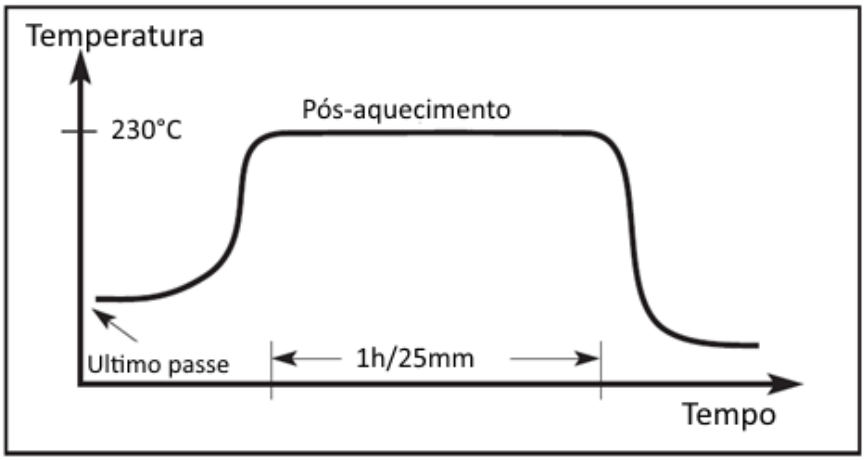


Figura 79 – Pós-aquecimento aplicado imediatamente a seguir ao último passe [77].

Na maioria das aplicações não é necessária a realização de um pós-aquecimento. No entanto, o pós-aquecimento é um requisito que pode ser imposto pelo código de construção aplicável, podendo em muitos casos haver ligeiras diferenças quer em temperaturas, quer em tempos, de código para código. Quando as causas da fissuração induzida por hidrogénio não estão presentes, não há necessidade de aplicação de um pós-aquecimento. Não é que este seja prejudicial, mas porque acrescenta custos desnecessários ao produto [77].

Muitos autores defendem que não é necessária a aplicação de um pós-aquecimento para que haja difusibilidade do hidrogénio. Dizem que basta manter o componente a uma temperatura de 250-350°C até que seja terminada a soldadura, iniciando-se de imediato o alívio de tensões a partir dessa temperatura. Se não for possível a realização do tratamento térmico após conclusão da soldadura, deve-se manter a junta a temperaturas de 250-350°C até à realização do mesmo, mas partindo sempre dessa temperatura. Caso seja necessário realizar ensaios não destrutivos antes do tratamento térmico, o que implica que a peça esteja à temperatura ambiente, nesse caso deve-se manter a soldadura entre 250-300°C durante 30-60 minutos, para a remoção do hidrogénio. Ou seja, defendem que só é necessária a realização de um pós-aquecimento se, por algum motivo, tiver que se baixar a temperatura da soldadura [13].

2.2.2.7. Tratamento térmico pós-soldadura – PWHT

O tratamento térmico pós-soldadura, *PWHT*, é um tratamento térmico aplicado à soldadura com o objetivo de melhorar as propriedades que ficam afetadas devido à alteração da microestrutura, quer do material base, quer do metal depositado de alguns materiais. Na generalidade, o *PWHT* pode envolver diferentes tratamentos tais como, recozimentos, têmpera e revenido. No entanto, na soldadura do grau 91 o procedimento mais comum é o revenido para o alívio de tensões [17, 77, 84].

A necessidade do *PWHT* é ditada pelo código de construção, de acordo com o tipo de material, requisitos de aplicação, bem como condições de serviço. Aos aços que formam estruturas martensíticas é exigida a realização de um *PWHT,* como é o caso do grau 91 e dos restantes aços 9-12%Cr, independentemente do diâmetro ou espessura. O objetivo é aumentar a resistência mecânica a fraturas frágeis, garantindo assim uma boa ductilidade e tenacidade, em consequência da redução do valor da dureza [17, 32, 58, 77, 81, 82].

O revenido é um tratamento térmico usado para reduzir as tensões que estão retidas na estrutura como consequência do processo de fabrico, como processos de soldadura e conformação. No caso da soldadura, as tensões resultam de uma elevada entrega térmica e da transformação da austenite em martensite (martensite fresca) durante o processo de soldadura e consequente arrefecimento. Consiste no aquecimento uniforme da estrutura a uma temperatura suficientemente alta, mas abaixo do limite inferior da temperatura de transformação, AC_1, seguido de um arrefecimento uniforme. Os aços ao carbono são geralmente mantidos a um estágio de 1 hora por cada 25 mm de espessura [81, 82].

No caso do grau 91, as temperaturas de revenido podem variar entre 730-800°C com um tempo de patamar de 1 hora, caso a aplicação seja para *Power Piping* (*ASME B31.1*) ou de 2 horas caso a aplicação seja para *Process Piping* (*ASME B31.3*). O Código *ASME*, Tabela 22, sugere uma temperatura de 760°C com um tempo mínimo de patamar de 2 horas [32, 65, 77, 80, 85].

Tabela 22 - Temperaturas de revenido exigidas pelo *ASME II Part C* [80].

Processo	Especificação	Classificação	Revenido (*PWHT*)
SMAW	5.5	E9016-B9	760 ±15°C / 2horas
SAW	5.23	EB91+Flux	
GTAW *1)*	5.28	ER90S-B9	
FCAW	5.29	B9	

1) Arrefecer a soldadura a uma temperatura inferior a 100 °C antes de iniciar o revenido.

Para utilizadores que dão preferência às normas europeias, pode ser consultada a norma EN 13445-4, onde para materiais do grupo 6.4, aços com teor de Cr compreendido entre 7,0 a 12,5%, teor de Mo entre 0,7-1,2% e V ≤ a 0,35%, a temperatura requerida para o *PWHT* é de 730-770°C [86].

O tratamento térmico de revenido transforma a martensite fresca em martensite revenida. As zonas mais próximas do metal depositado são sujeitas a um tratamento de têmpera não controlado devido às elevadas temperaturas atingidas durante a soldadura, dando origem após o arrefecimento a uma martensite com elevada fragilidade. O efeito de revenido obtido por este tratamento térmico provoca um aumento da ductilidade e tenacidade no material. Permite reduzir o risco de fissuração por corrosão sob tensão, uma vez que este melhora a estrutura metalúrgica. O aço torna-se mais suave e mais dúctil através da precipitação dos carbonetos de ferro a temperaturas associadas ao alívio de tensões. As elevadas temperaturas fazem com que o hidrogénio migre da soldadura e da ZTA. As propriedades após têmpera ou revenido dos aços

podem ser adversamente afetadas pelos tratamentos térmicos se a temperatura exceder a temperatura de revenido do material base [40, 77].

2.2.2.8. Considerações na realização do PWHT

O desempenho e a monitorização do *PWHT* devem ser treinados de modo a que seja realizado com a experiência adequada, seguindo os procedimentos aplicáveis, de forma a se assegurar que a totalidade da soldadura recebe a temperatura especificada. Para efetuar este tipo de operações, podem ser usados fornos, resistências elétricas e indução elétrica, Figura 80 e Figura 81. É essencial a aplicação de um revenido adequado para que se obtenha a microestrutura pretendida, conferindo assim os níveis de resistência pretendidos [17].



Figura 80 - Tratamento térmico em forno, material SA335 P91 (APPinho, 2013).

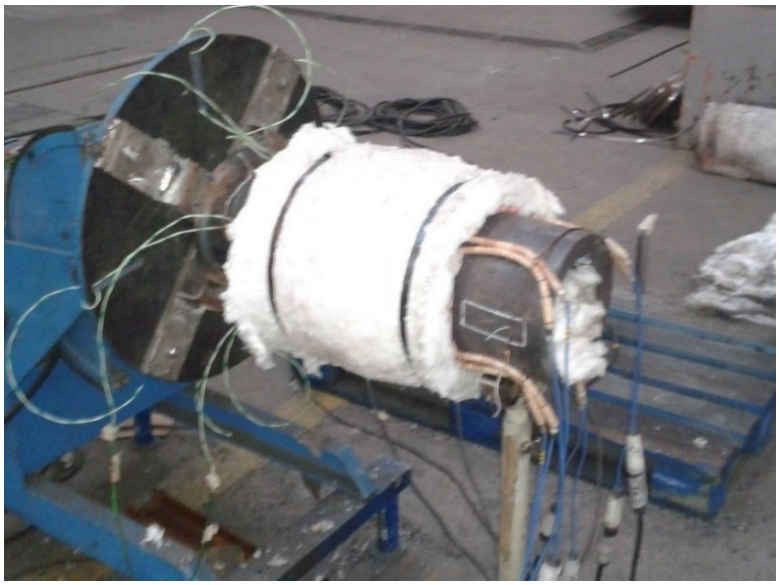


Figura 81 - Tratamento térmico localizado com resistências elétricas, material SA335 P91 (APPinho, 2013).

Devido à complexidade geométrica dos componentes, muitas vezes são realizados tratamentos térmicos localizados, através da aplicação de resistências elétricas ou também indução elétrica. A norma *AWS* D10.10 (*Recommended pratices for local heating of welds in piping and tubing*) é o documento que pode ser utilizado para uma melhor aplicação dos tratamentos térmicos localizados [15, 87].

Outra preocupação no tratamento térmico são os gradientes térmicos, ou seja, diferenças de temperatura nos componentes. Devido à condutividade térmica que os materiais 9-12%Cr apresentam, as larguras de banda das resistências elétricas utilizadas têm que ser maiores do que para os restantes aços ao CrMo. Este problema tem ainda mais influência em componentes com espessuras maiores. O gradiente de temperatura entre o interior e exterior pode ser de tal forma elevado, que no interior pode não atingir a temperatura mínima necessária para o revenido. Em espessuras de cerca de 50 mm, caso não se use uma largura de banda o tamanho adequado, o gradiente de temperatura pode ir desde os 20 aos 90°C [15].

Deve-se usar, principalmente em secções mais espessas, uma largura de banda maior e usar as temperaturas máximas para o revenido, de forma a que se garanta que no interior é atingida pelo menos a temperatura mínima. Na Figura 82, pode ser visualizada a forma como é preparado um tratamento térmico localizado na soldadura de um tubo [15, 88].

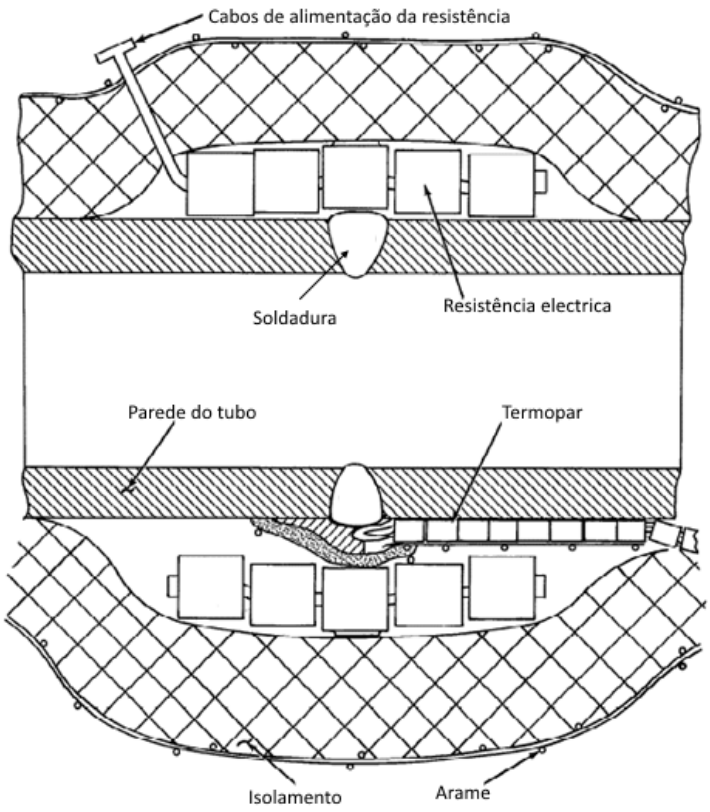


Figura 82 – Secção transversal de uma preparação típica de um *PWHT* [88].

Na Figura 83, gráfico à esquerda, encontra-se um registo de um tratamento térmico onde foi utilizada uma largura de banda inferior. No exterior atingiu a temperatura pretendida, 760°C, e manteve-se durante o patamar estabelecido. No entanto, no interior a temperatura variou entre os 727 – 738°C. Como a temperatura mínima permitida é de 730°C, então esta não foi atingida em determinadas zonas. Realizando o mesmo tratamento térmico, mas com larguras de banda maiores, as temperaturas requeridas são alcançadas em toda a zona necessária, tanto exterior como interior, Figura 83, gráfico à direita [15].

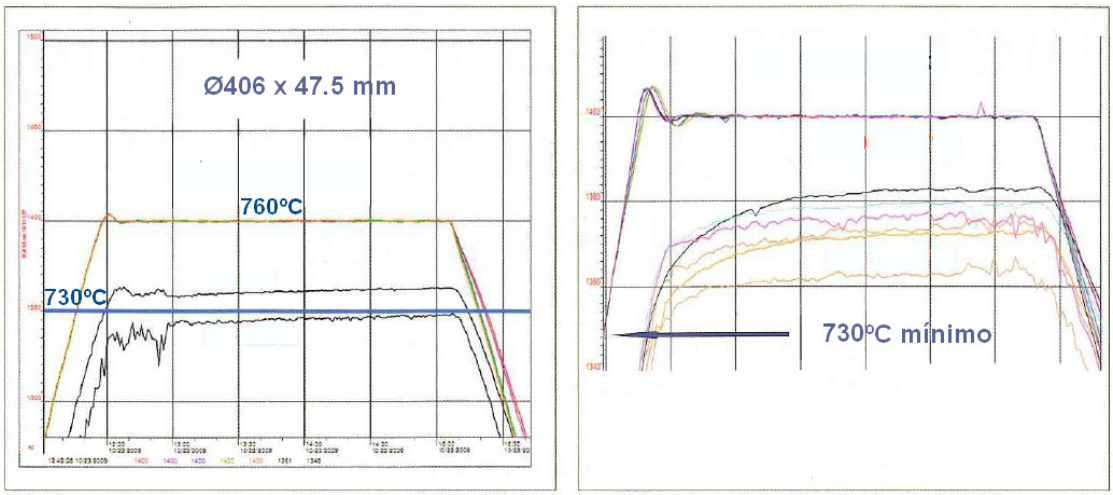


Figura 83 - Gradiente de temperatura em tubo de parede espessa durante o *PWHT*, sem largura de banda incrementada, à esquerda. Gradiente de temperatura em tubo de parede espessa durante o *PWHT*, com largura de banda incrementada, à direita [15].

Para se determinar qual a largura de banda mínima para as resistências, devem ser realizados testes em componentes com espessura idêntica à dos componentes do projeto. No entanto, na norma *AWS* D10.10, estão descritos vários métodos de cálculo do comprimento de banda das resistências, de acordo com diferentes códigos. Deverá ter-se em atenção que uns são mais rigorosos que outros. Por exemplo, se for comparado o B31.1 com o B31.3, verifica-se que o critério B31.3 exige comprimentos maiores. Em determinados componentes a diferença é quase do dobro [65, 85, 87].

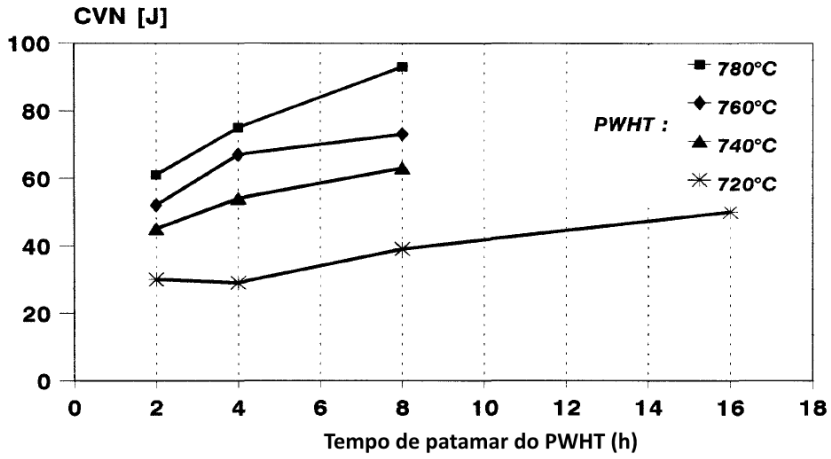


Figura 84 – Influência do tempo e temperatura do *PWHT* na resistência ao impacto [28].

Uma outra questão importante é a duração do PWHT quando não se tem nenhum código ou normas a aplicar. Esta questão tem uma relação direta com a tenacidade e dureza da junta soldada. Na Figura 84 e na Figura 85 está ilustrada precisamente essa situação, onde é possível verificar-se valores de impacto e dureza mediante a temperatura e duração do PWHT. É apontada a temperatura de 760°C como ideal para o PWHT, pois de acordo com os gráficos é a temperatura que apresenta melhor relação dureza/impacto. Em relação à duração, esta deve ter um mínimo de 2 horas. No entanto, há códigos de construção que sugerem 1 hora. Nesse caso, deve-se respeitar o código se este for aplicável [28, 65].

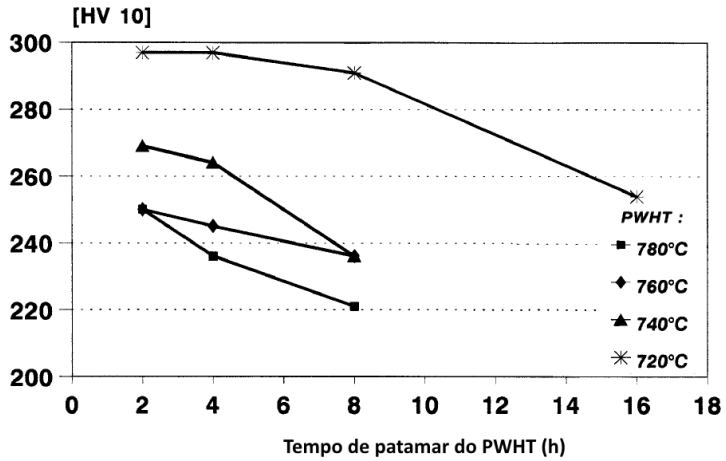


Figura 85 – Influencia do tempo e temperatura do *PWHT* na dureza [28].

É importante voltar a referir que no aquecimento acima da temperatura inferior de transformação, AC_1, pode ocorrer formação de austenite. Para tempos de patamar demasiado elevados, pode surgir um crescimento dos precipitados, provocando uma diminuição excessiva da dureza que pode ser bastante prejudicial. O mesmo pode acontecer quando se aplicam temperaturas excessivas. Após o *PWHT*, o material deve apresentar uma microestrutura mais homogénea, com maior ductilidade e tenacidade, características que são essenciais para o material quando em serviço [40].

O material de grau 91 deve apresentar uma dureza na junta soldada compreendida entre 200 e 275 HV. Valores até 300 HV podem ser aceites, mas valores superiores indicam um *PWHT* inadequado. Para valores de dureza inferiores a 175 HV indica um sobreaquecimento da ligação, sendo que deve ser realizada uma normalização e revenido. Estes valores podem sofrer determinadas alterações, sendo que determinados códigos estabelecem valores de dureza entre os 190-260 HB e, por exemplo o *ASME B31.3*, fixa o valor máximo em 250 HB. É importante referir que a dureza descreve um perfil típico para todas as soldaduras, sendo que os valores inferiores de dureza são sempre localizados na região de grão fino, *FGHAZ*. Se os valores de dureza inferiores se encontrarem numa outra região, a ligação deverá ser considerada inaceitável [50, 85].

3. Desenvolvimento

3.1. Introdução ao trabalho prático desenvolvido

3.1.1. Objetivos do trabalho prático

Este trabalho prático teve como objetivo estudar a influência dos ciclos térmicos envolvidos na soldadura de um aço CrMo modificado, mais conhecido por aço grau 91, na forma de tubo (Ø exterior 48,3 mm, espessura 5 mm). A escolha de material com esta configuração deveu-se ao facto de ser necessário um elevado número de amostras e da geometria e dimensões dos tubos serem mais adequadas à realização dos ensaios que se pretendem efetuar.

Como já referido anteriormente, a maioria dos aços não necessita de tratamentos térmicos quando se realizam operações de soldadura. No caso dos aços CrMo, existe a necessidade de se fazer os tratamentos adequados para que se garanta a integridade da ligação. Quando se fala do aço grau 91, que também é um CrMo, estamos perante um material com um comportamento mecânico bastante satisfatório a altas temperaturas. No entanto, exigem maiores cuidados na realização das operações de processamento, principalmente na soldadura, como já referido no capítulo 2.2.2.2 do presente relatório.

Nos códigos de construção e/ou normas aplicáveis à conceção de equipamentos, estão descritos procedimentos de como soldar este material, nomeadamente as operações de tratamento térmico a realizar, pré-aquecimento e *PWHT*. Contudo, os intervalos definidos por esses documentos são relativamente grandes, deixando muitas vezes os fabricantes de equipamentos com muitas lacunas do correto procedimento a realizar. Esta situação pode-se traduzir em etapas muito longas, ou então, em operações incorretas.

No caso da ARSOPI, S.A., as soldaduras têm sido realizadas de acordo com uma especificação fornecida pelo cliente, anexo VII, que está de acordo como o código de construção *ASME*, mas que exige tempos muito longos desde o início até ao final de cada soldadura, incluindo o pré-aquecimento, pós-aquecimento e *PWHT.* Como por parte da empresa não existia histórico sobre este material, sendo este o primeiro e, até à data o único trabalho com este material, foi necessário adotar o procedimento fornecido pelo cliente. Foi neste sentido que surgiu este trabalho, com o objetivo de estudar o comportamento do material quando sujeito a ciclos térmicos diferentes aplicáveis à soldadura, tendo também como alvo encontrar a operação mais rápida aplicada ao processo, que em simultâneo garanta a integridade da junta soldada.

3.1.2. Caracterização da empresa

A ARSOPI, S.A. é uma empresa que se dedica à conceção e montagem de equipamentos em aço inoxidável, aço ao carbono, aço "clad", aço duplex, titânio, alumínio e outros materiais. Para além de se dedicar à construção mecânica, tem também uma fundição que produz peças em aço inoxidável, refratário e ligas de níquel.

Os produtos fabricados pela ARSOPI S.A. têm como destino as áreas dos lacticínios, bebidas, química, petroquímica, nuclear e também *offshore*. Em relação aos produtos produzidos pela fundição, estes destinam-se principalmente à indústria de tratamento de resíduos, águas sanitárias, centrais de dessalinização, alimentar, química, petroquímica e produção de energia.

A ARSOPI, S.A. foi a primeira empresa do grupo a ser fundada (1942), o qual também é composto pela TECNOCON, ARSOPI-THERMAL, ARSOPI ESPAÑA e ARSOPI BRASIL. Atualmente tem cerca de 375 colaboradores, 30.000 m^2 de área coberta e 141.500 m^2 de área descoberta, Figura 86.



Figura 86 – Aspeto das instalações da ARSOPI S.A. (ARSOPI, 2012).

A TECNOCON foi fundada em 1989 e tem como principal atividade o projeto e conceção de automação para equipamentos industriais, Figura 87.



Figura 87 – Aspeto das instalações da TECNOCON (ARSOPI, 2012).

A ARSOPI-THERMAL foi fundada também em 1989 e destina-se à produção de permutadores de calor de placas, Figura 88.



Figura 88 - Aspeto das instalações da ARSOPI-THERMAL (ARSOPI, 2012).



Figura 89 - Aspeto das instalações da ARSOPI ESPAÑA (ARSOPI, 2012).

A ARSOPI ESPAÑA é uma empresa comercial que representa o Grupo ARSOPI para o mercado espanhol, tendo a sua sede em Madrid, Figura 89.

A ARSOPI BRASIL é a empresa mais recente do Grupo, tendo sido fundada em 2013 e tem como objetivo atender às mais diversas áreas de negócio do Grupo ARSOPI no mercado brasileiro. Tem atualmente 1350 m^2 de área industrial e está localizada em São Paulo, Figura 90.



Figura 90 - Aspeto das instalações da ARSOPI BRASIL (ARSOPI, 2012).

3.1.3. Principais propriedades do aço SA213 T91 / SA355 P91

Como já referido no capítulo 2.1.3 do presente relatório, este material tem propriedades mecânicas excelentes a altas temperaturas e um ótimo comportamento quando sujeito a condições de fluência. Tem uma maior resistência à oxidação/corrosão quando comparado com o tradicional grau 22, possibilitando uma redução de peso dos componentes devido à sua maior resistência mecânica. Possui uma resistência melhorada à fadiga térmica, boa transferência de calor e baixo coeficiente de expansão quando comparado com os aços austeníticos [20].

Dos vários aços CrMo disponíveis no mercado, este é, sem dúvida, uma boa opção para o fabrico de componentes que estão sujeitos a condições de alta temperatura e variação das mesmas ao longo do tempo de vida. O aço grau 91 é conhecido como um aço CrMo modificado, ou também por um aço ferrítico de resistência à fluência melhorada. Na Tabela 23 e na Tabela 24 encontram-se as composições químicas e propriedades mecânicas, para os tubos e materiais de adição utilizados neste trabalho. O tubo 1 foi utilizado nos cinco primeiros testes sendo que o tubo 2 foi utilizado nos restantes, por ter terminado o tubo disponível inicialmente em armazém.

Tabela 23 - Composição Química (% peso) dos tubos e material de adição utilizados.

Elemento	Valores especificados pelo código ASME II 1)		Fornecedor			
			TPS Technntube	Vallourec	Electro Portugal	Electro Portugal
			Tubo 1	Tubo 2	Varetas	Varetas
	SA 213 T91	**SA 335 P91**	**SA 213 T91**	**SA 335 P91**	**ER 90S B9**	**ER 90S B9**
C	0,07-0,14	0,08-0,12	0,09	0,10	0,09	0,10
Si	0,20-0,50	0,20-0,50	0,35	0,29	0,22	0,25
Mn	0,30-0,60	0,30-0,60	0,52	0,50	0,54	0,55
P	0,020	0,020	0,016	0,017	0,008	0,006
S	0,010	0,010	0,001	0,001	0,002	0,004
Al	0,020	0,020	0,006	0,009	----	----
Cr	8,0-9,5	8,0-9,5	8,71	8,60	8,90	9,06
Ni	0,40	0,40	0,28	0,17	0,46	0,65
Mo	0,85-1,05	0,85-1,05	0,95	0,98	0,90	0,92
V	0,18-0,25	0,18-0,25	0,21	0,23	0,22	0,20
Cu	----	----	----	0,12	0,14	0,11
W	----	----	----	0,030	----	----
Sn	----	----	----	0,005	----	----
Ti	0,01	0,01	0,002	----	----	----
Nb	0,06-0,10	----	0,067	0,080	----	----
N	0,03-0,07	0,03-0,07	0,047	0,052	----	----
Zr	0,01	0,01	0,002	----	----	----
1) Concentrações máximas, exceto quando indicados os limites						

Tabela 24 - Propriedades mecânicas dos tubos e material de adição utilizados.

Propriedade	Valores especificados pelo código ASME II 1)		Fornecedor			
			TPS Technntube	Vallourec	Electro Portugal	Electro Portugal
			Tubo 1	Tubo 2	Varetas	Varetas
	SA 213 T91	**SA 335 P91**	**SA 213 T91**	**SA 335 P91**	**ER 90S B9**	**ER 90S B9**
Rp0,2 (MPa) 20 °C	415	415	585	521	De acordo com 10204-2.2	De acordo com 10204-2.2
Rm (MPa) 20 °C	585	585	709	693		
A (%) 20 °C	20,0	20,0	32,0	25,2		
Rp0,2 (MPa) 600 °C	----	----	----	320	----	----
Rm (MPa) 600 °C	----	----	----	365	----	----
Dureza	<265 HV	<265 HV	92 HRB	221 HV	----	----
1) Valores mínimos						

3.1.4. Aplicação deste aço na ARSOPI

Até à data, a ARSOPI, S.A. apenas fez um equipamento onde foi utilizado o material CrMo, grau 91. O equipamento foi uma caldeira de recuperação "*Waste heat boiler*", Figura 91 e Figura 92, que também apresenta diversos componentes em outros materiais, como por exemplo os de grau 22 e grau 11. Os componentes deste equipamento com o material referido neste relatório encontram-se na zona designada por sobre-aquecedor "*SuperHeater*", Figura 93 e Figura 94, sendo esta a zona onde atinge maiores pressões e temperaturas.

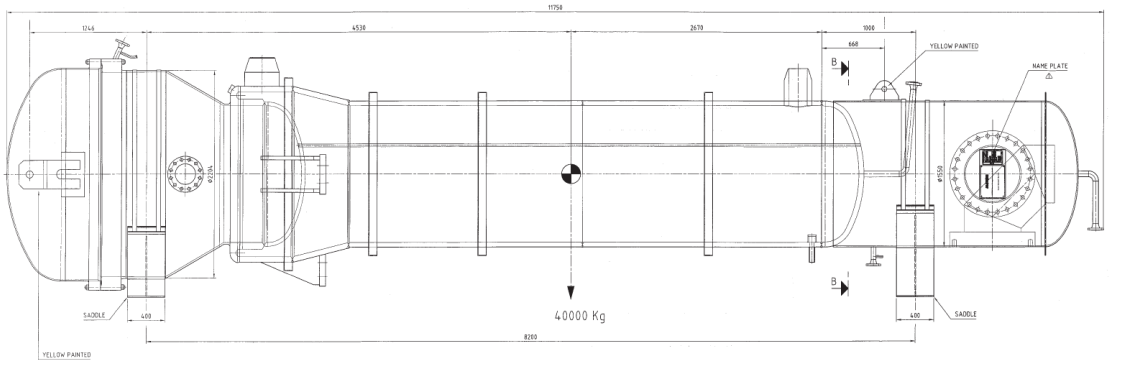


Figura 91 – Caldeira de recuperação "*Waste heat boiler*" – ALSTOM - Desenho de transporte (ARSOPI, 2013).



Figura 92 - Caldeira de recuperação "*Waste heat boiler*", no porto de embarque (ARSOPI, 2013).

Esta caldeira de recuperação foi projetada pela *ALSTOM POWER ENERGY RECOVERY*, contruída pela ARSOPI, S.A. e teve como cliente a ORICA CARSELAND – em Carseland, no Canadá, na província de Alberta.

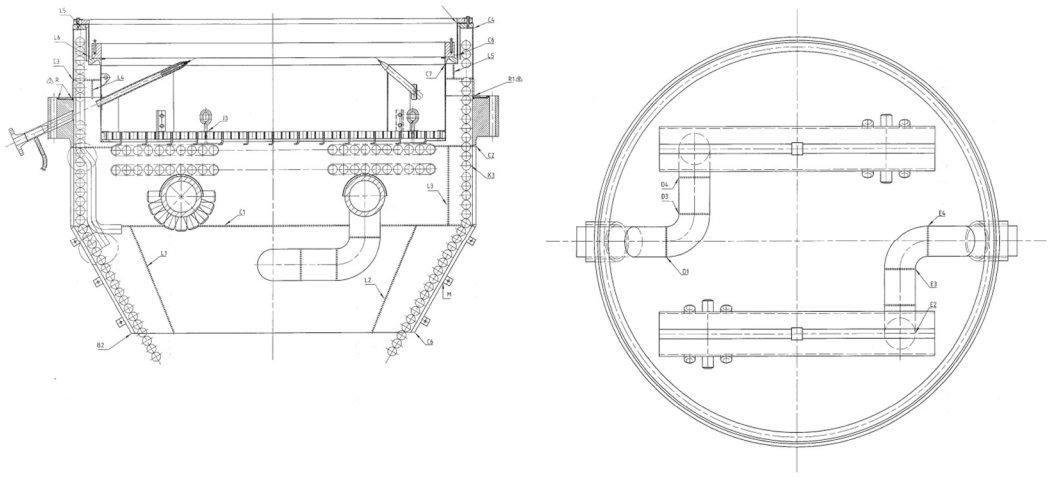


Figura 93 – Sobre-aquecedor "*SuperHeater*" (ARSOPI, 2013).

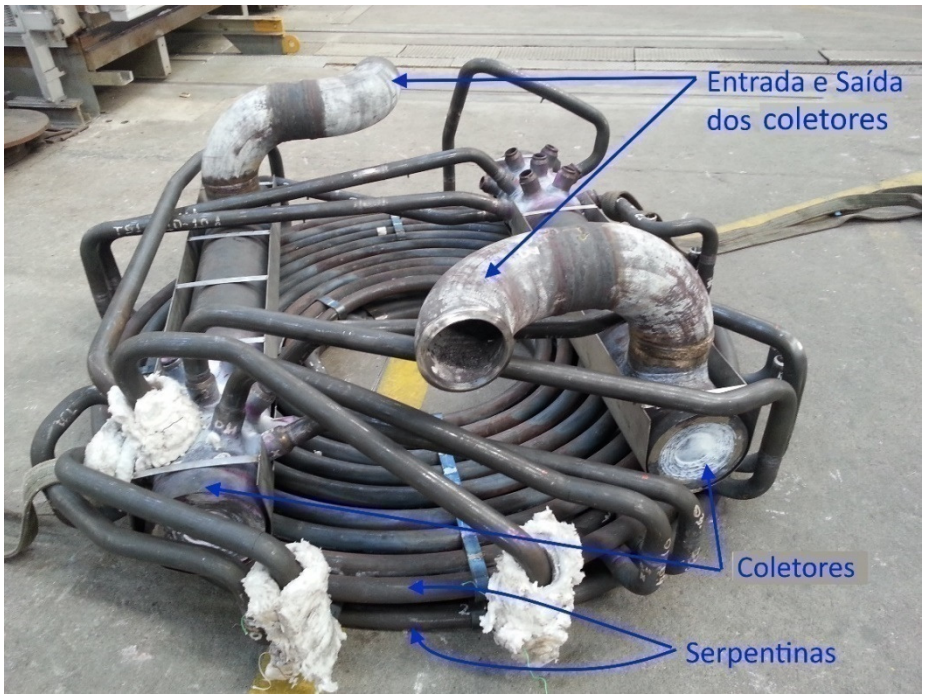


Figura 94 – Sobre-aquecedor "*SuperHeater*" em material do Grau 91 (APPinho, 2013).

As duas serpentinas, Figura 94, são em material SA 213 T91, os coletores e a tubagem de ligação ao exterior, entrada e saída, são em SA 335 P91. Este conjunto vai ser soldado a uma outra serpentina, designada por serpentina da parede Figura 93, também em CrMo, mas neste caso de baixa liga, grau 22. O que se pode ver na imagem é toda a estrutura que vai ficar em contacto com a chama, designada parte quente da caldeira, logo vai estar sujeita a altas temperaturas e pressões, assim como grandes variações das mesmas, daí a sua construção neste material. Deste modo, o sobre-aquecedor tem a função de aumentar pressão do vapor através do aumento da temperatura.

3.2. Estratégia do trabalho prático

Este trabalho teve como objetivo perceber o comportamento deste material, grau 91, quando sujeito à operação de soldadura. Uma vez que está dentro do grupo de materiais que necessitam de cuidados adicionais na realização da ligação, pré-aquecimento, pós aquecimento e *PWHT*. Pretende-se verificar os resultados que estas operações, ou a falta das mesmas, implicam nas propriedades mecânicas deste aço CrMo de alto desempenho, quando sujeito a soldadura.

Para esta análise, o trabalho passou pelo estudo das juntas soldadas, em tubo com as dimensões já referidas, onde serão feitas simulações fazendo variar as condições de pré-aquecimento, pós-aquecimento e tempo de transformação. Dentro destes testes estão também contempladas simulações onde será analisado o impacto da não aplicação destes tratamentos.

Os restantes parâmetros de soldadura, tais como, material de adição, posição de soldadura, tipo de chanfro, número de passes, vão ser mantidos em todas as simulações (ver parâmetros de soldadura anexo VIII). Estes parâmetros foram mantidos constantes porque o âmbito deste trabalho é estudar a influência das operações de pré-aquecimento, pós-aquecimento e *PWHT*, e não o processo de soldadura, sendo que foram os mesmos utilizados no passado pela empresa. Em relação ao material de adição, foi utilizado o indicado para soldar este tipo de material, portanto não há alterações a fazer. Para posição de soldadura foi escolhida a posição 2G (horizontal), porque se entende que é uma posição com um grau de dificuldade média/elevada, sendo que assim o estudo contemplou este tipo de dificuldade. Esta posição consiste em ter o tubo na posição vertical, sendo que a soldadura é realizado no sentido horizontal. O tubo é mantido numa posição fixa, sem rotação durante a soldadura, Figura 95.

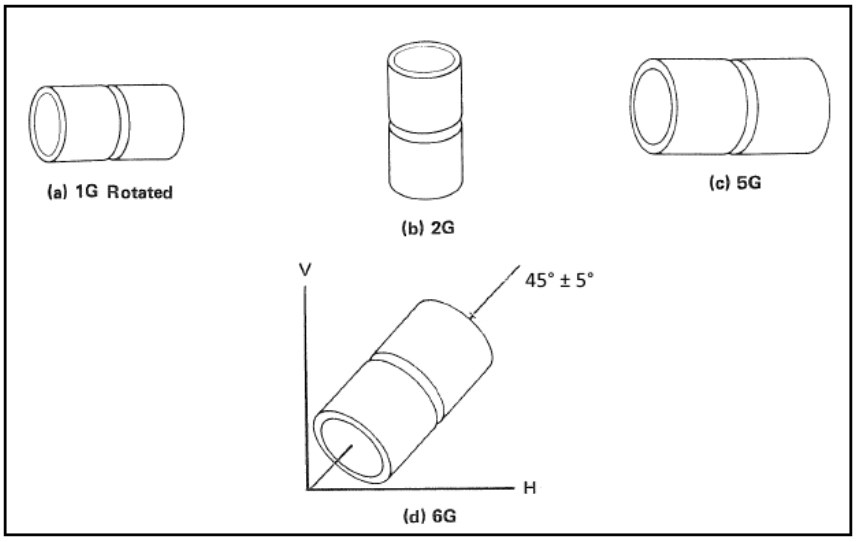


Figura 95 – Posições de soldadura em tubo – QW-461.4 [89].

Para análise destas simulações foram efetuados ensaios que nos permitem avaliar o estado da ligação. Estes passam pela inspeção do chanfro, tanto pela medição do ângulo como pela realização de testes de líquidos penetrantes. Após a soldadura foi realizada inspeção visual, Raio-X, líquidos penetrantes e medição de dureza na superfície. Estas inspeções foram realizadas por pessoal devidamente qualificado e certificado. Foram extraídas amostras dos tubos e, após a sua devida preparação foram realizados ensaios de dobragem, ensaio de tração à temperatura ambiente (20°C) e a alta temperatura (600°C), medição de dureza na secção transversal à soldadura, análise química, e, por fim, a realização de uma macro e micrografia para análise da microestrutura.

Para além destes testes utilizados na indústria, foram também realizados ensaios de microdureza, a fim de identificar e localizar os designados pontos macios, *soft spots*. Esta etapa foi importante por ser precisamente nesse local que ocorre a fissuração do tipo IV, como referido no capítulo 2.2.2.3.

3.2.1. Plano de ensaios

Os testes foram selecionados partindo do estado "zero" estado padrão, soldadura sem qualquer ciclo térmico, passando depois pelo estado de tratamento adotado por muitos fabricantes de componentes. Os restantes testes foram selecionados de acordo com a realidade que pode ocorrer no fabrico de equipamentos, tentando sempre verificar de que forma estas condições de ciclos térmicos afetam a integridade da ligação soldada. Foram realizadas simulações às diferentes combinações possíveis entre o pré e pós-aquecimento, ou a ausência deles. Foram também realizados dois testes, ambos com pré-aquecimento, mas um com condições de arrefecimento após soldadura diferentes. Nestes mesmos testes, o revenido foi apenas realizado seis meses após a soldadura.

A seguir está referido, com mais detalhe, o que foi feito em cada teste e o que se pretendeu encontrar desde o primeiro teste, P_APP_T00, até ao último teste, P_APP_T10. No anexo IX, encontra-se o mapa com todas as experiências efetuadas. No anexo X encontram-se os gráficos com os registos de temperatura de cada experiência.

3.2.1.1 Plano de ensaios - Teste P_APP_T00

Como referido, o primeiro teste a ser realizado, definido como estado “zero - padrão”, foi a execução de uma soldadura sem qualquer tipo de tratamento térmico, ou seja, sem pré-aquecimento, pós-aquecimento e *PWHT*. Apesar de se saber que esta situação não é uma boa prática para este tipo de materiais é interessante saber e/ou entender o impacto da não aplicação dos procedimentos sugeridos pela literatura, e também normas e códigos de construção.

No Gráfico 1, encontra-se o registo de temperaturas atingidas no tubo durante a soldadura. Para se efetuar este registo, quer neste, quer nos outros testes, foi colocado um termopar afastado cerca de 5 mm da zona de soldadura, Figura 96. Este espaçamento visa permitir que o soldador consiga realizar a operação.

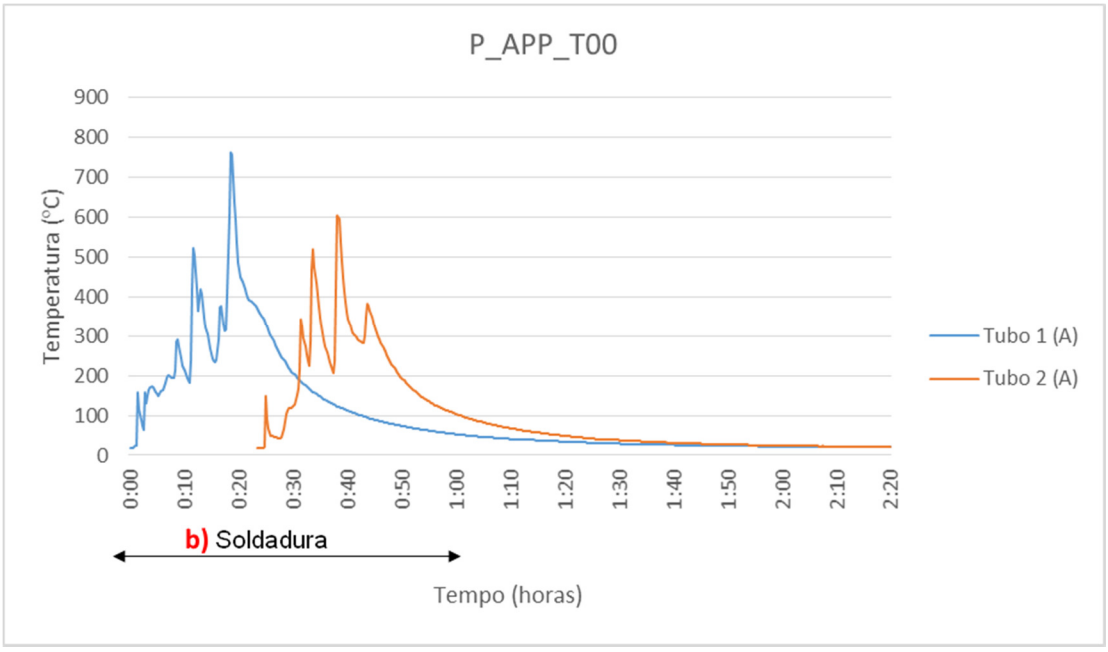


Gráfico 1 - Registo da temperatura durante a soldadura, P_APP_T00.

Portanto, o objetivo deste teste foi a determinação das suas propriedades resultantes da não aplicação de nenhum cuidado adicional à soldadura. Sabe-se que devido à ausência do revenido, as soldaduras dos aços ao CrMo apresentam uma microestrutura não revenida, o que resulta numa ductilidade e tenacidade menor e, como consequência, um aumento dos valores de dureza, na ZTA e MF. No entanto, neste teste, para além de se comprovar a microestrutura característica e consequente dureza, pretende-se descobrir qual o comportamento à tração e dobragem que as soldaduras nestas condições apresentam.



Figura 96 – Realização da soldadura no teste P_APP_T00 (APPinho, 2014).

3.2.1.2 Plano de ensaios - Teste P_APP_T01

O teste P_APP_T01 foi o segundo teste a ser realizado, tendo sido executado com base nos procedimentos aplicados por vários fabricantes, e também normas e códigos de construção. Neste caso foi realizado um pré-aquecimento, pós-aquecimento, tempo de transformação e por fim *PWHT*. Este teste emprega todos os cuidados possíveis de ser aplicados a uma soldadura em materiais do género. Entende-se que será o procedimento ideal. No entanto, emprega muito tempo para a sua elaboração, cerca de 30 horas, Gráfico 2.

Tabela 25 - Ciclos térmicos aplicados à soldadura e *PWHT*, P_APP_T01.

P_APP_T01										
Pré-aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						***PWHT* - (Tipo localizado - *on site*)**				
Taxa aq. (℃/h)	**Temp. (℃)**	**Tempo após sold. (min.)**	**Taxa arr. (℃/h)**	**Temp. (℃)**	**Tempo (min.)**	**Taxa aq. (℃/h)**	**Temp. (℃)**	**Tempo (min.)**	**Taxa arr. (℃/h)**	**Temp. (℃)**
100	250	120	50	60	120	100	750	120	50	300
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

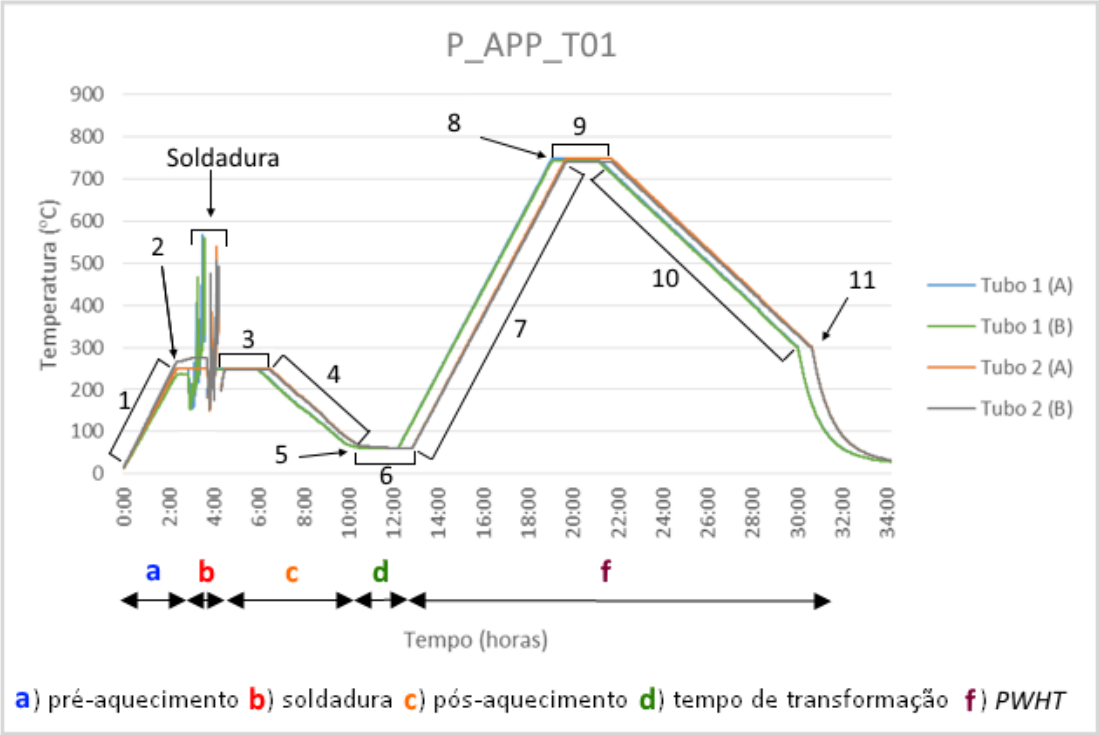


Gráfico 2 - Registo da temperatura durante a soldadura e correspondente *PWHT*, P_APP_T01.

Na Tabela 25, encontram-se as condições de temperatura definidas para este teste, sendo que para uma melhor interpretação tanto desta tabela como do gráfico, para todos os testes, foi efetuada uma correspondência entre as temperaturas da tabela e o gráfico. A numeração de 1 a 11 corresponde a um dado campo no gráfico, estando na coluna acima o parâmetro desse campo. Em todos os gráficos o tratamento térmico terminou quando a temperatura atingiu os 300°C, 30 horas (número 11). No entanto, quer para este, quer para os restantes testes, a temperatura foi registada até que a soldadura atingisse a temperatura ambiente. Sabe-se que, podendo variar de acordo com os códigos e/ou normas, para um aquecimento até 300°C a velocidade do mesmo não afeta a microestrutura dos aços. Então, até esta temperatura a taxa de aquecimento é considerada livre, podendo apenas ser limitada pela capacidade do equipamento de aquecimento. O mesmo depois se aplica na fase de arrefecimento, chegando aos 300°C pode-se terminar o processo. Esta consideração permite poupar algumas horas na realização de um tratamento térmico. Por outro lado, na fase de aquecimento, se forem impostas velocidades elevadas, implica um incremento do custo da energia.

Para registo da temperatura durante o *PWHT* foram aplicados dois termopares em cada soldadura, sendo um na posição 0º, termopar A, e outro na posição 180º, termopar B, Figura 97. Para os restantes testes, foi sempre mantido o mesmo critério de posicionamento dos termopares.

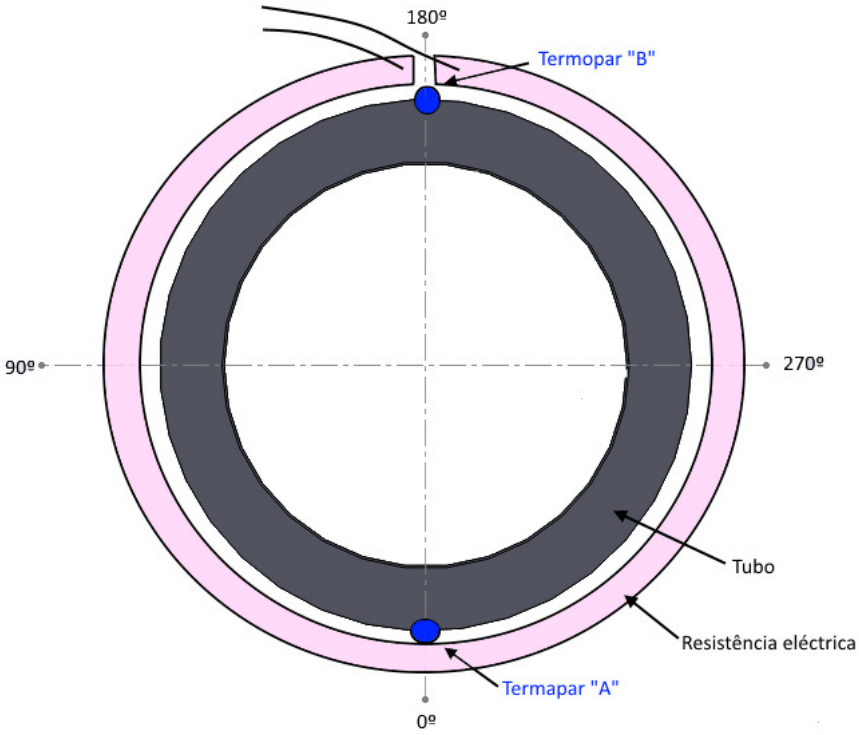


Figura 97 – Esquema da localização dos termopares nos tubos durante o *PWHT,* vista em corte.

Este teste entende-se que serve como referência, uma vez que se partiu do pressuposto que estas são as condições mais conservadoras para a realização da soldadura neste material, grau 91. É esperado que os resultados obtidos pelos ensaios, para este teste, sejam os mais satisfatórios, podendo este ser comparado com os restantes testes, a fim de se tentar entender quais os tipos de ciclos mais importantes para a soldadura, entre o pré-aquecimento, pós-aquecimento e tempo de transformação para garantir uma transformação, completa da austenite em martensite.

3.2.1.3 Plano de ensaios - Teste P_APP_T02

Este teste tem como objetivo verificar até que ponto o hidrogénio, caso este esteja inserido na soldadura, interfere na ligação juntamente com a tensão interna na soldadura e corrosão. É sabido que a falta de revenido neste material após soldadura, durante períodos prolongados, pode ser prejudicial. Isto porque, devido à sua realização tardia, as soldaduras apresentam uma microestrutura suscetível a tensões internas e, muita das vezes a tensões externas que, juntamente com determinado nível de hidrogénio, podem resultar em fissuração a frio, também conhecida como fissuração por hidrogénio. Para além da presença destes agentes, é possível que as soldaduras também estejam sujeitas a corrosão, o que pode originar para além da fissuração a frio o fenómeno de corrosão sob tensão. Para simular esta situação foi realizada

uma soldadura com pré-aquecimento, mas sem pós-aquecimento. No entanto, no final da soldadura, os tubos foram protegidos com manta fibra de cerâmica, Figura 98, para que o arrefecimento fosse lento, com vista a limitar o crescimento exagerado do grão. Após arrefecimento, os tubos foram mantidos em ambiente fabril durante seis meses, até que fosse efetuado o *PWHT*, Tabela 26 e Gráfico 3.

Tabela 26 - Ciclos térmicos aplicados à soldadura e *PWHT*, P_APP_T02.

P_APP_T02										
Pré-aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						***PWHT* - (Tipo localizado - *on site*)**				
Taxa aq. (℃/h)	**Temp. (℃)**	**Tempo após sold. (min.)**	**Taxa arr. (℃/h)**	**Temp. (℃)**	**Tempo (min.)**	**Taxa aq. (℃/h)**	**Temp. (℃)**	**Tempo (min.)**	**Taxa arr. (℃/h)**	**Temp. (℃)**
100	250	Arrefecimento protegido com manta fibra de cerâmica				100	750	120	50	300

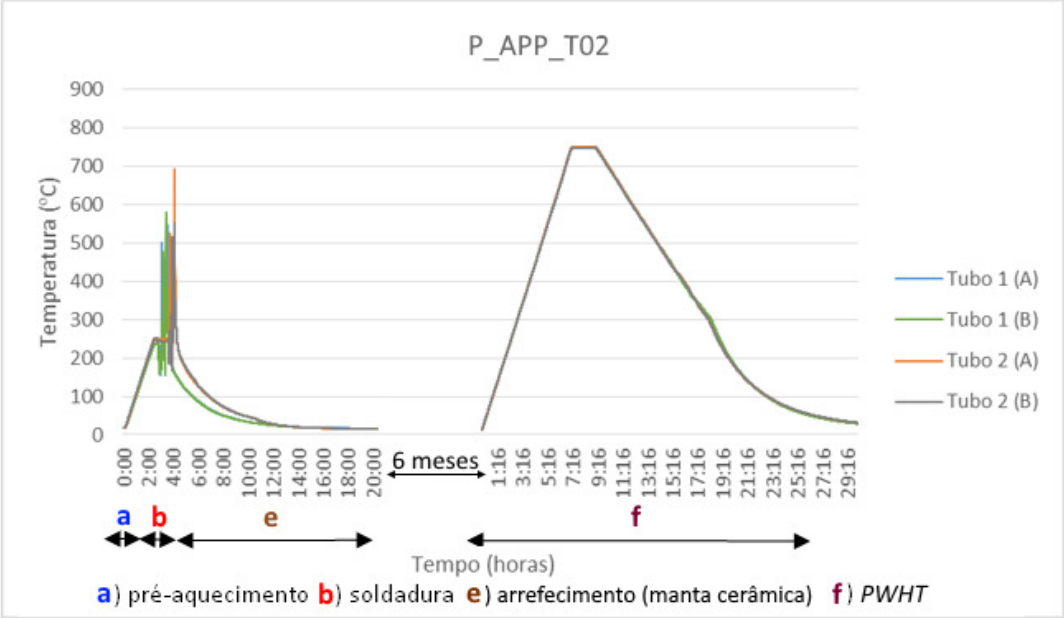


Gráfico 3 - Registo da temperatura durante a soldadura e *PWHT*, P_APP_T02.



Figura 98 - Manta fibra de cerâmica utilizada no envolvimento do tubo, após soldadura, no teste P_APP_T_02 (APPinho, 2014).

O mesmo procedimento foi aplicado ao teste P_APP_T03, que também ficou a aguardar cerca de 6 meses pelo *PWHT*, Figura 99. No entanto, as condições de arrefecimento após soldadura foram diferentes.



Figura 99 - Armazenamento dos testes P_APP_T02 e T03 em ambiente fabril durante 6 meses (APPinho, 2014).

3.2.1.4 Plano de ensaios - Teste P_APP_T03

Neste teste, pretende-se o mesmo que no teste anterior, sendo que neste caso foi realizado um pós-aquecimento para eliminar o hidrogénio que pudesse existir na soldadura. Pretende-se comparar este resultado com o teste anterior, para se observar o impacto do pós-aquecimento nas soldaduras, quando armazenadas por longos períodos de tempo. Isto permite ver de que forma o hidrogénio, microestrutura fragilizada, tensão e corrosão, tiveram impacto na ligação, após estarem armazenados durante seis meses sem o *PWHT,* Tabela 27 e Gráfico 4.

Tabela 27 - Ciclos térmicos aplicados à soldadura e *PWHT*, P_APP_T03.

P_APP_T03										
Pré-aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						***PWHT* - (Tipo localizado - *on site*)**				
Taxa aq. (℃/h)	**Temp. (℃)**	**Tempo após sold. (min.)**	**Taxa arr. (℃/h)**	**Temp. (℃)**	**Tempo (min.)**	**Taxa aq. (℃/h)**	**Temp. (℃)**	**Tempo (min.)**	**Taxa arr. (℃/h)**	**Temp. (℃)**
100	250	120	50	60	120	100	750	120	50	300

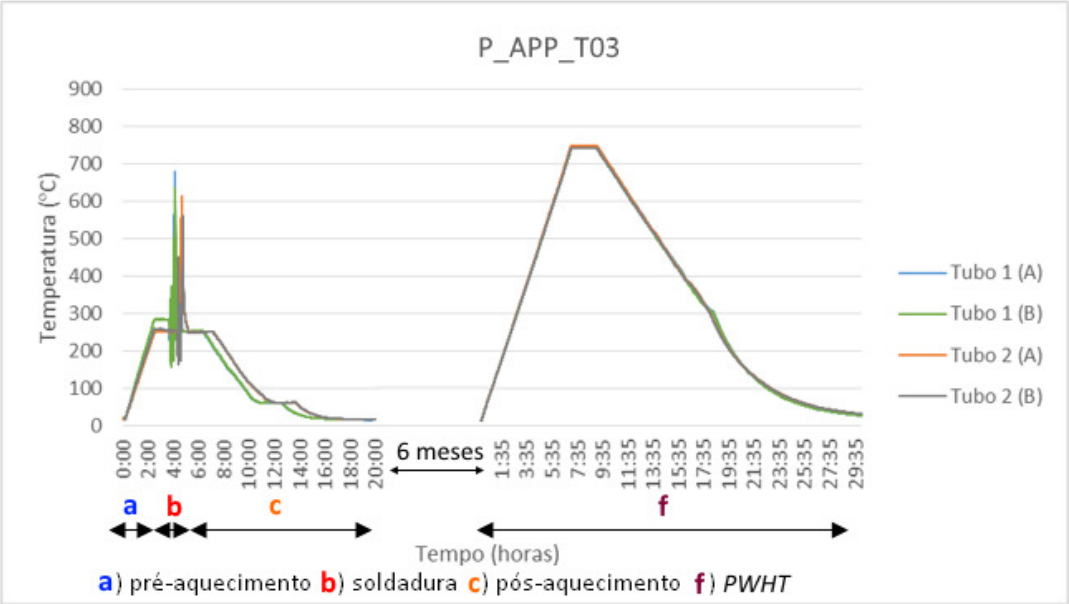


Gráfico 4 - Registo de temperatura durante a soldadura e *PWHT*, P_APP_T03.

Os testes P_APP_T02 e P_APPT_03 são de extrema importância devido a representarem uma prática que é realizada por muitos fabricantes de equipamentos. Como já referido na revisão bibliográfica, nem sempre é possível realizar-se o tratamento térmico após a realização da soldadura, isto poder ser devido a questões relacionadas com a metodologia de construção de um equipamento deste género. Em caldeiras com centenas de ligações soldadas, nem sempre é possível ser realizado o revenido apos a conclusão da soldadura. Isto porque o tratamento vai ser realizado em forno e aguarda-se que o equipamento esteja concluído ou, por outro lado, porque a realização de tratamentos térmicos localizados, impede a continuação do trabalho, como por exemplo na Figura 100.



Figura 100 - Construção de uma caldeira, tubos em P22. Pela foto, é possível verificar a quantidade de soldaduras que são necessárias realizar em toda a periferia do equipamento (APPinho, 2013).

Em termos industriais, como o tratamento térmico é considerado por vezes um trabalho que não acrescenta nada de visível a um equipamento, pelo que é sempre deixado para último plano. Então, como forma de minimizar esta situação, estes testes P_APP_T02 e P_APP_T03 pretendem simular a melhor metodologia a seguir perante este tempo de espera para o *PWHT*. Isto é, se apenas é necessário proteger a soldadura de um arrefecimento brusco com manta fibra de cerâmica, ou se é necessária a realização de um pós-aquecimento controlado para eliminação do hidrogénio, ou nenhum dos dois.

3.2.1.5 Plano de ensaios - Teste P_APP_T04

Neste teste, em comparação com o que foi feito no teste P_APP_T01, foi retirado o pré-aquecimento, mas foi mantido o pós-aquecimento e o tempo de transformação. No entanto, tanto o tempo de pós-aquecimento como o de transformação, foram reduzidos para 30 minutos, Tabela 28 e Gráfico 5. Pretende-se verificar se a ausência do pré-aquecimento, bem como a diminuição de algumas etapas, podem trazer benefícios ou riscos à soldadura. Este procedimento tem como objetivo a redução do tempo total de realização de toda a operação, quer pela diminuição dos tempos de terminadas etapas, quer pelo corte de outra.

A realização deste teste foi interessante porque certos autores referem que para espessuras inferiores a 5-6 mm, não é necessária a realização de pré-aquecimento. Se essa teoria se comprovar, este teste pode ser uma boa solução a adotar na soldadura de tubo em aço T/P 91 de espessura reduzida. O corte no tempo de pós-aquecimento e de transformação vem também no seguimento dessa teoria.

Tabela 28 - Ciclos térmicos aplicados à soldadura e *PWHT*, P_APP_T04.

P_APP_T04										
Pré-aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						***PWHT* - (Tipo localizado - *on site*)**				
Taxa aq. (℃/h)	**Temp. (℃)**	**Tempo após sold. (min.)**	**Taxa arr. (℃/h)**	**Temp. (℃)**	**Tempo (min.)**	**Taxa aq. (℃/h)**	**Temp. (℃)**	**Tempo (min.)**	**Taxa arr. (℃/h)**	**Temp. (℃)**
----	----	30	100	60-70	30	100	750	120	50	300

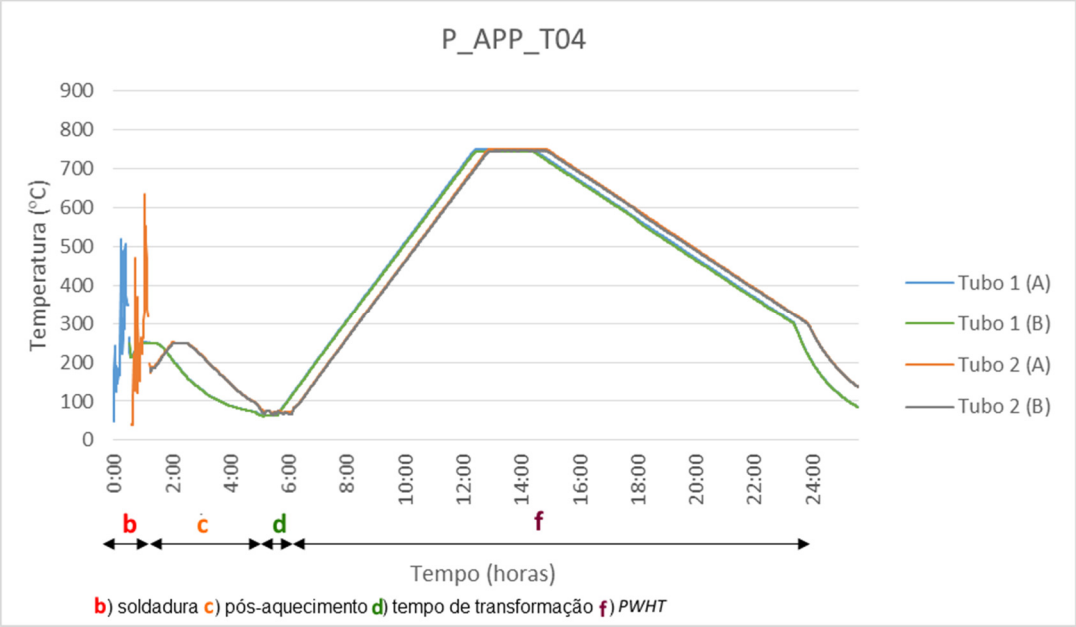


Gráfico 5 - Registo de temperatura durante a soldadura e *PWHT*, P_APP_T04.

Os resultados deste teste podem ser comparados com o teste P_APP_T01, verificando até que ponto é que a ausência do pré-aquecimento vai ter implicações nos resultados finais. No entanto, os tempos de pós-aquecimento e transformação também são diferentes. Portanto, o teste P_APP_T09 foi realizado com o objetivo de se fazer uma melhor comparação entre os três testes, P_APP_T01, P_APP_T04 e P_APP_T09. Isto porque no teste P_APP_T09 foram mantidos os tempos de pós-aquecimento e de transformação iguais aos do teste P_APP_T01, tendo como desvio em relação a este a exclusão do pré-aquecimento. O tempo total deste procedimento relativamente ao P_APP_T01 é mais curto cerca de 6 horas. Isto é importante pois se for possível garantir a integridade da ligação com menos horas de operação, isto possibilita uma diminuição de custos.

3.2.1.6 Plano de ensaios - Teste P_APP_T05

Nesta simulação apenas foi realizada a soldadura, sem pré-aquecimento nem pós-aquecimento. Após a soldadura ter atingido a temperatura ambiente, sem qualquer tipo de isolamento térmico, foi iniciado o revenido, Tabela 29 e Gráfico 6. Pretende-se demonstrar a influência da não aplicação das etapas de pré-aquecimento e pós-aquecimento. O objetivo deste teste foi verificar se o revenido é, por si só suficiente, para restabelecer as propriedades do material, conferindo uma resistência mecânica adequado e uma microestrutura típica.

Tabela 29 - Ciclos térmicos aplicados à soldadura e *PWHT*, P_APP_T05.

P_APP_T05											
Pré-aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						*PWHT* - (Tipo localizado - *on site*)				
Taxa aq. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo após sold. (min.)	Taxa arr. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa aq. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa arr. (℃/h)	Temp. (℃)
----------						100	750	120	50	300

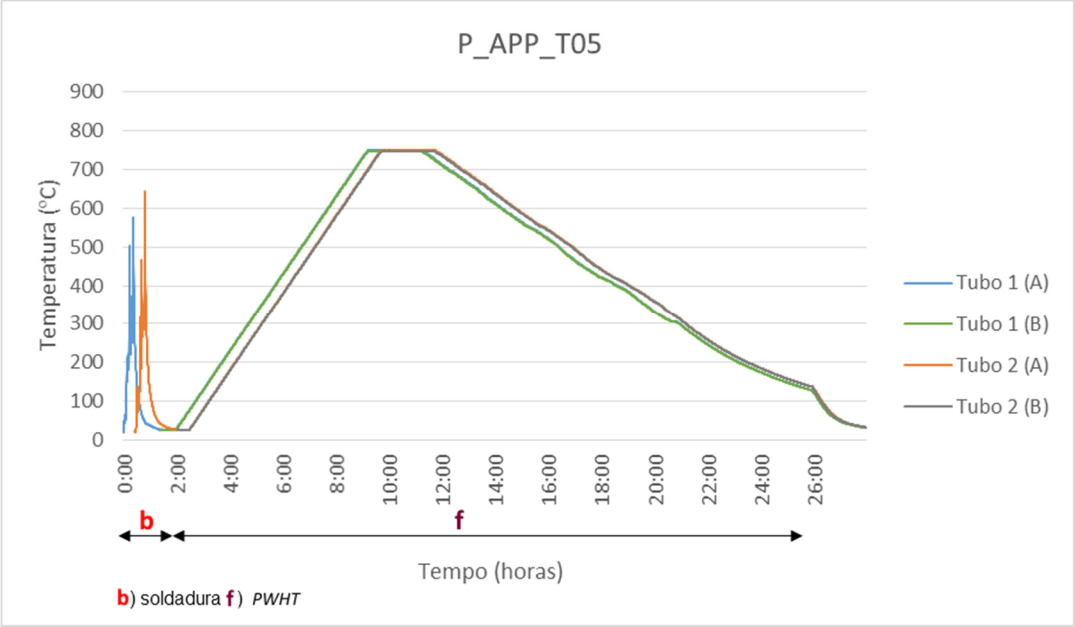


Gráfico 6 - Registo de temperatura durante a soldadura e *PWHT*, P_APP_T05.

Em termos de comparação, este pode ser comparado com o teste P_APP_T01, que como foi dito anteriormente, serve como referência, por se entender que é o procedimento mais adequado para a realização das soldaduras, a não ser que seja provado o contrário, quando analisados os resultados globais dos ensaios efetuados a cada teste. Com isto, consegue-se uma redução de cerca de 10 horas, passando de 30 horas para cerca de 20 horas de tempo de realização total da operação.

3.2.1.7 Plano de ensaios - Teste P_APP_T06

Este teste teve como base apenas a aplicação do pré-aquecimento e tratamento térmico. Após a soldadura, verificou-se um arrefecimento sem qualquer tipo de proteção, até atingir a temperatura ambiente. Quando este atingiu a temperatura ambiente, realizou-se o revenido. A diferença deste teste para o anterior, está na realização do pré-aquecimento, Tabela 30 e Gráfico 7.

Tabela 30 - Ciclos térmicos aplicados à soldadura e *PWHT*, P_APP_T06.

P_APP_T06										
Pré-aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						*PWHT* - (Tipo localizado - *on site*)				
Taxa aq. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo após sold. (min.)	Taxa arr. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa aq. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa arr. (℃/h)	Temp. (℃)
100	250	------	------	------	------	100	750	120	50	300

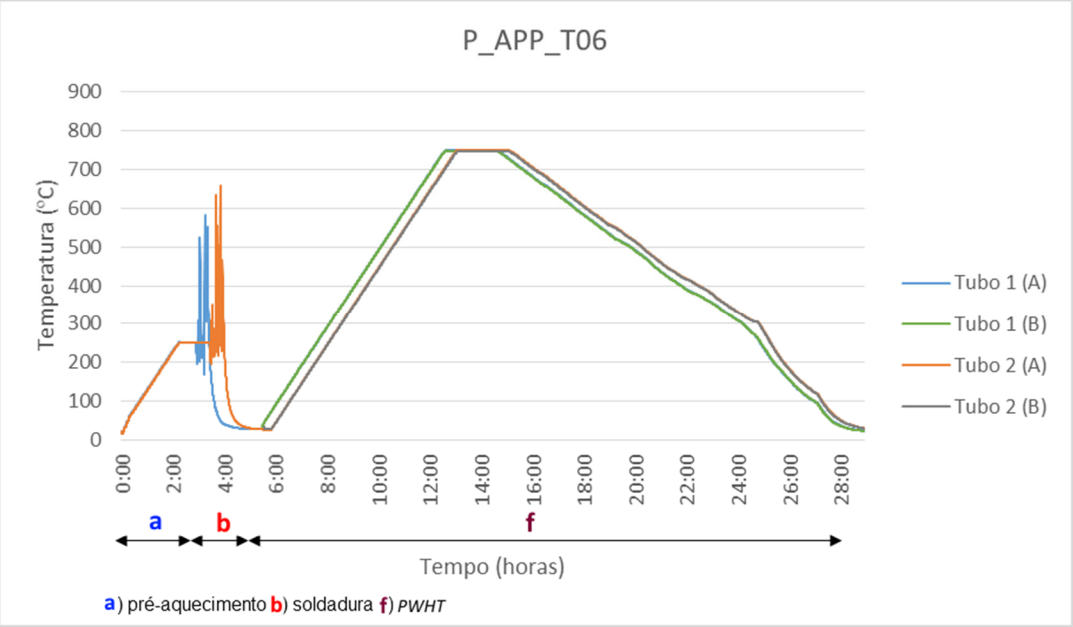


Gráfico 7 - Registo de temperatura durante a soldadura e *PWHT*, P_APP_T06.

O objetivo desta simulação foi a exclusão do pós-aquecimento e tempo de transformação, quando comparado com o teste de referência P_APP_T01. Este pode então ser comparado com o P_APP_T01 e o P_APP_T05. A redução deste em termos de duração relativamente ao P_APP_T01 é de 6 horas, mas necessita de mais 4 horas do que o P_APP_T05.

3.2.1.8 Plano de ensaios - Teste P_APP_T07

Este ensaio é idêntico ao P_APP_T06, variando apenas no modo de arrefecimento após a soldadura, Tabela 31 e Gráfico 8. Neste caso, os tubos foram envolvidos em manta fibra de cerâmica após a soldadura, para que tivesse um arrefecimento mais lento do que o teste anterior. Através do Gráfico 8, comparando-o com o Gráfico 7, é possível verificar-se essa diferença na velocidade de arrefecimento.

Tabela 31 - Ciclos térmicos aplicados à soldadura e *PWHT*, P_APP_T07.

P_APP_T07											
Pré-aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						*PWHT* - (Tipo localizado - *on site*)				
Taxa aq. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo após sold. (min.)	Taxa arr. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa aq. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa arr. (℃/h)	Temp. (℃)
100	250	Arrefecimento protegido com manta fibra de cerâmica				100	750	120	50	300

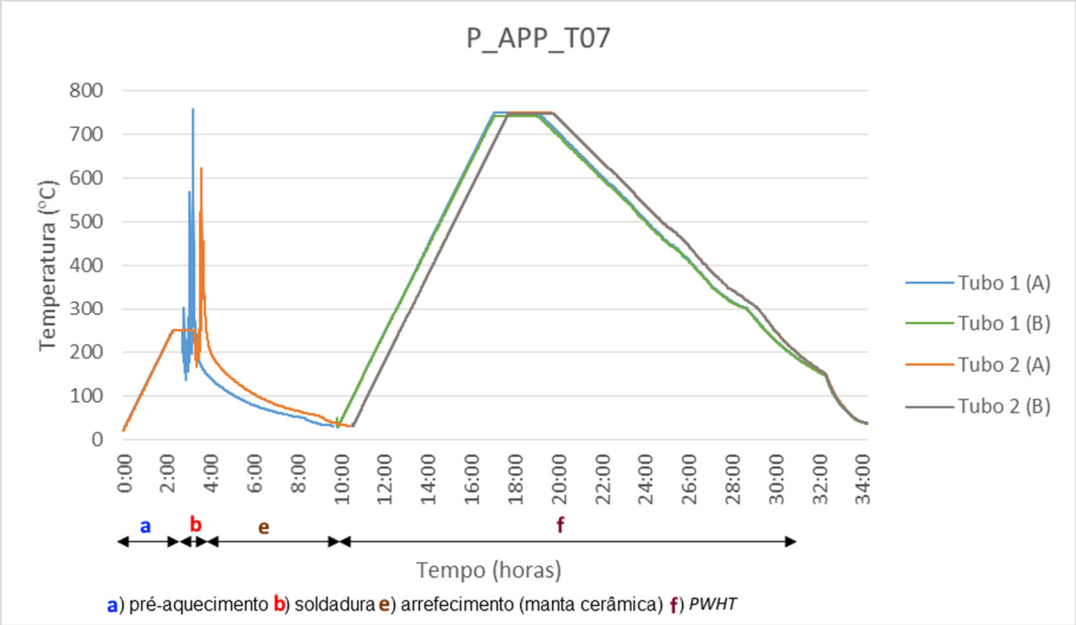


Gráfico 8 - Registo de temperatura durante a soldadura e *PWHT*, P_APP_T07.

Este teste usou o mesmo conceito do anterior, P_APP_T06, sendo assim comparáveis. No entanto, o objetivo neste teste foi verificar de que forma o estabelecimento de uma velocidade de arrefecimento mais lenta, após soldadura, teve influência no resultado final.

Este arrefecimento mais lento trouxe um aumento no tempo de operação de cerca de 5 horas, quando comparado com o teste anterior. Pode também ser comparado com os testes P_APP_T01 e P_APP_T05.

3.2.1.9 Plano de ensaios - Teste P_APP_T08

Este teste é semelhante ao P_APP_T01, variando apenas a etapa correspondente ao tempo de transformação. Foram realizados exatamente os mesmos procedimentos, no entanto, foi arrefecido até à temperatura ambiente e de seguida foi realizado o *PWHT,* Tabela 32 e Gráfico 9.

Tabela 32 - Ciclos térmicos aplicados à soldadura e *PWHT*, P_APP_T08.

P_APP_T08										
Pré-aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						*PWHT* - (Tipo localizado - *on site*)				
Taxa aq. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo após sold. (min.)	Taxa arr. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa aq. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa arr. (℃/h)	Temp. (℃)
100	250	120	50	Tamb.	-----	100	750	120	50	300

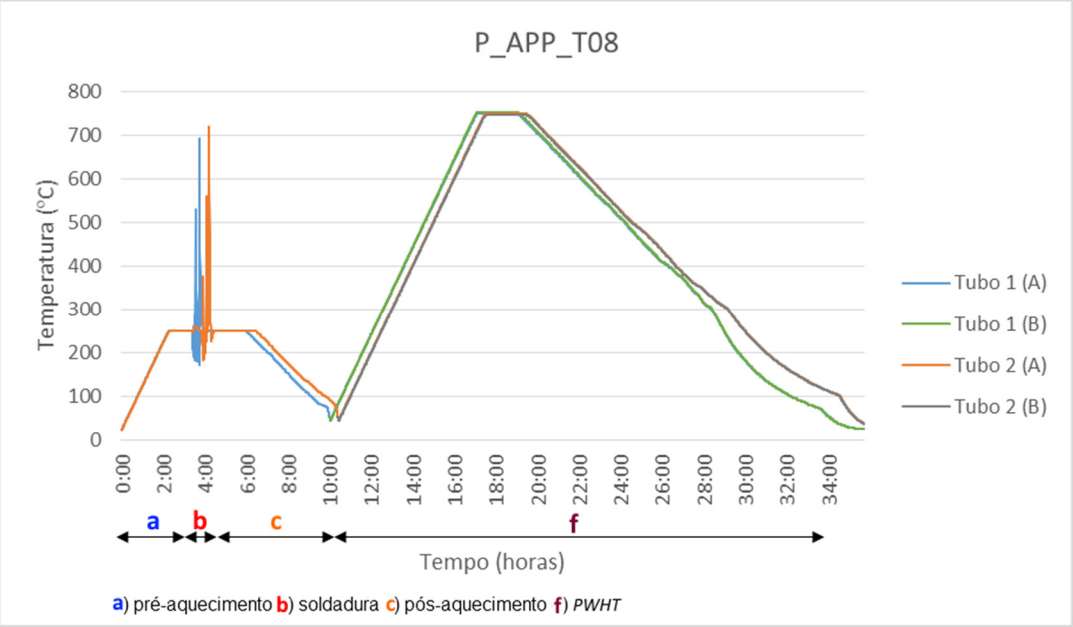


Gráfico 9 - Registo de temperatura durante a soldadura e *PWHT*, P_APP_T08.

O objetivo, neste caso, é verificar de que forma a retirada do tempo de transformação influencia as propriedades finais da soldadura. Como este teste apenas sofreu essa alteração, quando comparado com o teste de referência P_APP_T01, qualquer desvio que se registe pode ser atribuído ao tempo de transformação. A nível de diferença de tempo de realização de toda a operação, este difere do P_APP_T01 em cerca de 2 horas, que é o tempo correspondente ao tempo de transformação que foi aplicado no P_APP_T01.

3.2.1.10 Plano de ensaios - Teste P_APP_T09

Como já referido, o teste P_APP_T09 foi também semelhante ao P_APP_T01, onde a única alteração foi a não realização do pré-aquecimento. Os tempos de pós-aquecimento, de transformação e respetivas temperaturas, foram mantidos, Tabela 33 e Gráfico 10.

Tabela 33 - Ciclos térmicos aplicados à soldadura e *PWHT*, P_APP_T09.

P_APP_T09										
Pré-aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						*PWHT* - (Tipo localizado - *on site*)				
Taxa aq. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo após sold. (min.)	Taxa arr. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa aq. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa arr. (℃/h)	Temp. (℃)
-----	-----	120	50	60	120	100	750	120	50	300

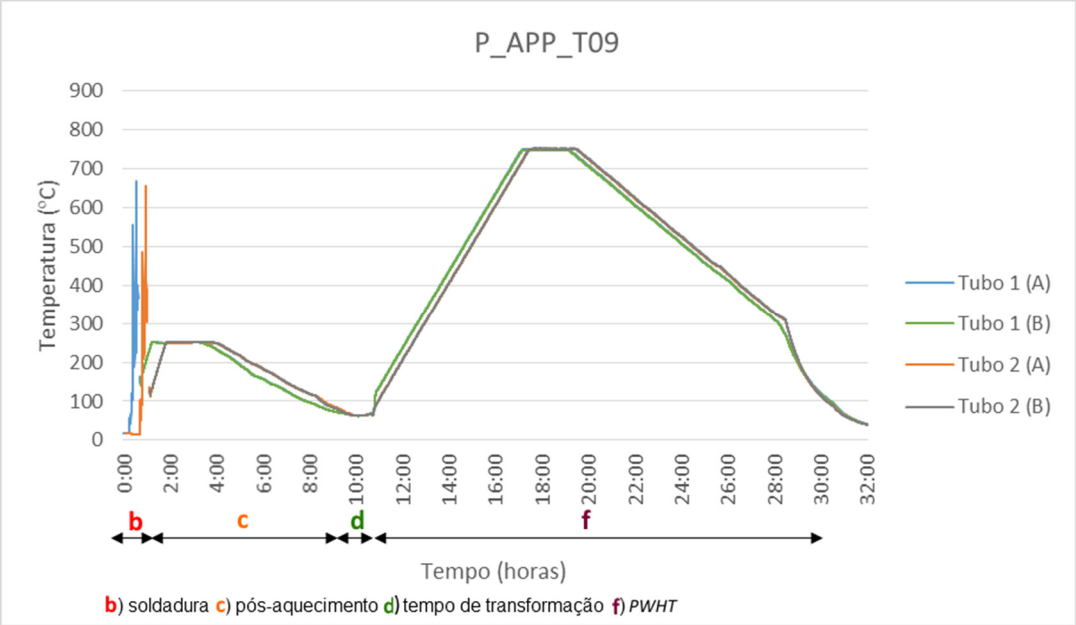


Gráfico 10 - Registo de temperatura durante a soldadura e *PWHT*, P_APP_T09.

O objetivo foi o mesmo que o teste P_APP_T04, onde foi retirado o pré-aquecimento com o intuito de reduzir o tempo total de operação, partindo também do princípio que o pré-aquecimento para esta espessura de tubo pode ser dispensado. No entanto, as restantes etapas foram mantidas, sendo assim possível comparar este com o P_APP_T01 e o P_APP_T04. O tempo total de aplicação, quando comparado com o teste P_APP_T01, foi menor em cerca de 2 horas.

3.2.1.11 Plano de ensaios - Teste P_APP_T10

O último teste a ser realizado foi o P_APP_T10, sendo retirado o pós-aquecimento e temperatura de transformação total da austenite em martensite. Portanto, foi realizado o pré-aquecimento e soldadura, sendo que imediatamente a seguir à soldadura foi realizado o *PWHT,* Tabela 34 e Gráfico 11.

Tabela 34 - Ciclos térmicos aplicados à soldadura e *PWHT*, P_APP_T10.

P_APP_T10										
Pré-aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						***PWHT* - (Tipo localizado - *on site*)**				
Taxa aq. (℃/h)	**Temp. (℃)**	**Tempo após sold. (min.)**	**Taxa arr. (℃/h)**	**Temp. (℃)**	**Tempo (min.)**	**Taxa aq. (℃/h)**	**Temp. (℃)**	**Tempo (min.)**	**Taxa arr. (℃/h)**	**Temp. (℃)**
100	250	Após soldadura, realizar imediatamente o revenido				100	750	120	50	300

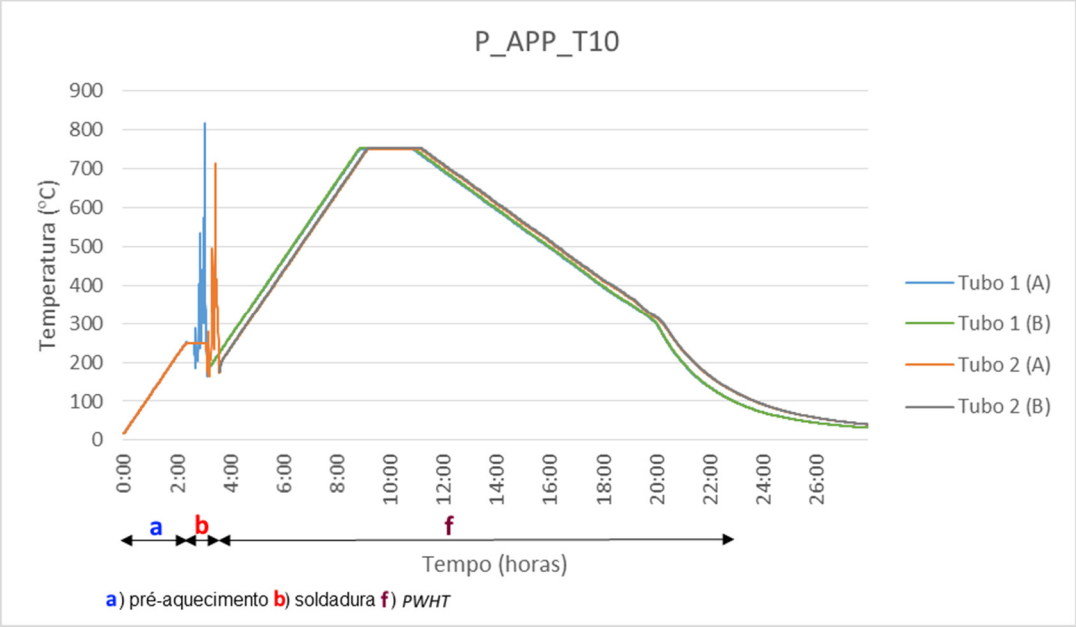


Gráfico 11 - Registo de temperatura durante a soldadura e *PWHT*, P_APP_T10.

Este teste é também interessante por permitir reduzir bastante o tempo de operação, respeitando também as recomendações impostas por alguns códigos e normas aplicáveis, que apenas estabelecem o pré-aquecimento e o *PWHT* como requisito. Como referido no capítulo 2.2.2.6, recomendação do fornecedor de materiais de adição "KOBELCO", se o *PWHT* for realizado imediatamente após a soldadura, a partir da temperatura de pré-aquecimento, não há necessidade de se fazer um pós-aquecimento para se eliminar o hidrogénio da soldadura. Este será eliminado pelo calor gerado durante a realização do tratamento térmico. No entanto, é essencial que a temperatura no final da soldadura não desça para valores inferiores aos do pré-aquecimento, ou seja, 250°C. Neste caso, não refere a importância do tempo de transformação para a obtenção de uma microestrutura adequada.

Portanto, neste teste, o objetivo foi comprovar esta teoria, sendo que a nível teórico, comparando o procedimento realizado no teste P_APP_T01 com este último, parece ser o mais correto, sendo que ainda se consegue que o tempo total de operação seja reduzido em cerca de 10 horas. Se isto for comprovado com os ensaios realizados, este procedimento poderá ser uma excelente alternativa a adotar na realização destas soldaduras no futuro, tanto pela ARSOPI S.A. como por outras empresas do mesmo setor de atividade.

3.2.2. Propriedades que se pretendem analisar

Através dos ensaios já referidos, pretendeu-se analisar para cada situação, a dureza e a microestrutura do MB, ZTA e MF. Estas análises permitem identificar se a ligação irá apresentar um bom comportamento mecânico, bem como uma resistência à fluência. Depois foram efetuados ensaios de dobragem e ensaios de tração transversal, para se analisar a resistência mecânica da ligação. Foi também realizado um ensaio de tração a alta temperatura, 600°C, para determinar a resistência da ligação na possível temperatura de serviço. Nestes ensaios foram medidos os valores da tensão de cedência, tensão de rotura e a sua localização, assim como o alongamento. Foi realizada uma análise química da região de soldadura, para verificar a diluição do MB no metal de soldadura.

Estes ensaios, à exceção da análise química, foram realizados por um laboratório acreditado, ISQ (Instituto de Soldadura e Qualidade), para que se garanta um reconhecimento dos resultados. Todas as amostras foram maquinadas de acordo com as normas aplicáveis. Foram seguidas as recomendações e normas *ASME IX* – QW – 150 para a realização de ensaios de tração à temperatura ambiente, *ISO* (*International Organization for Standardization)* 6892-2 para ensaios de tração a alta temperatura e *ASME IX* – QW – 160 para realização dos ensaios de dobragem. Estes ensaios são os mesmos que são realizados quando uma empresa necessita de elaborar um procedimento de soldadura, para posteriormente efetuar a sua aprovação.

3.3. Realização das juntas soldadas

3.3.1. Geometria das amostras

Para obtenção das amostras pretendidas foram realizados dois conjuntos de soldaduras para cada teste, com vista a deter o número de amostras necessárias para cada condição exposta no capítulo 3.2. Isto porque a realização de apenas um tubo não permite um perímetro suficiente para a extração das amostras pretendidas para a realização dos ensaios. Para cada teste foram necessários quatro tubos com as dimensões conforme Figura 101. Para os testes, P_APP_T00 até ao P_APP_T04, ou seja, os cinco primeiros testes, foi usado tubo com a designação SA 213 T91 sem costura, laminado a frio, anexo XI. Para os restantes foi utilizado tubo com a designação SA 335 P91 sem costura, laminado a quente, anexo XII.

Esta situação apenas teve a ver com a quantidade de tubo disponível em armazém para a realização deste trabalho. No entanto, ambos cumprem com as especificações impostas, sendo que a única diferença está na sua aplicação final, conforme mencionado no capítulo 2.1.3.

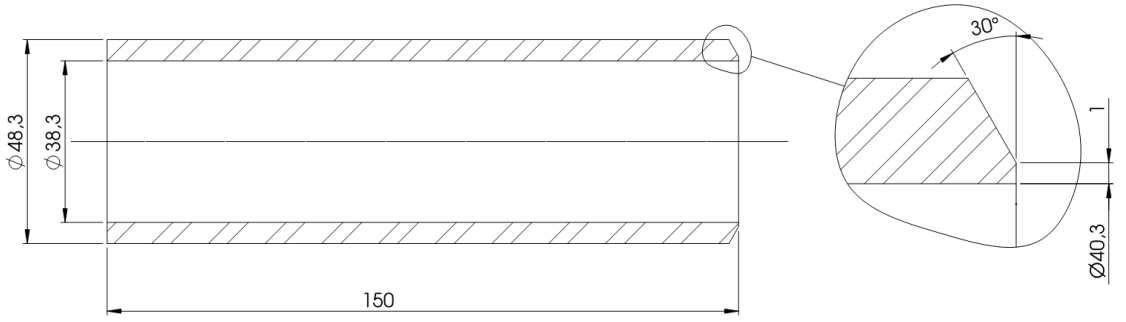


Figura 101 - Dimensões dos tubos, antes da soldadura, para realização dos testes. Após soldadura os quatro tubos vão dar origem a dois conjuntos para extração das amostras pretendidas por teste.

Os tubos foram soldados pelo processo de soldadura TIG, segundo a posição 2G, com um tipo de junta em V, com ângulo de 60°, talão de 1 mm, uma folga na raiz de 3 mm, dois passes de soldadura com temperatura entre passes inferior a 300 °C, de acordo com a Figura 102. O material de adição utilizado foi o ER90S-B9 com diâmetro de 2 mm. Após a soldadura, foram obtidos dois tubos com uma soldadura cada, que posteriormente serviram para a extração das amostras que foram sujeitas a ensaio, Figura 103.

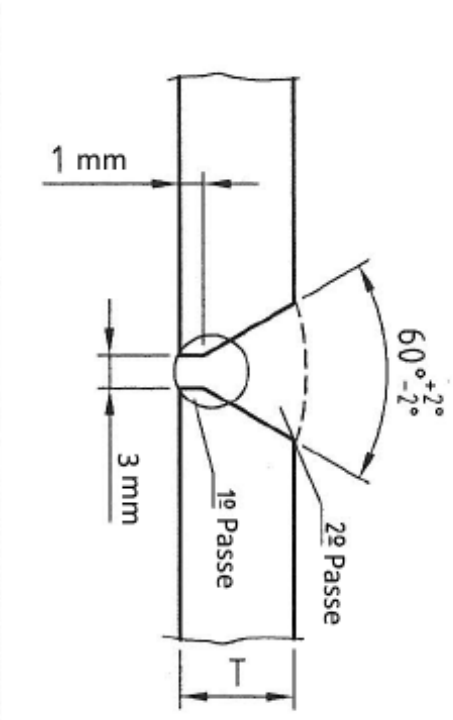


Figura 102 – Montagem dos tubos para a operação de soldadura.

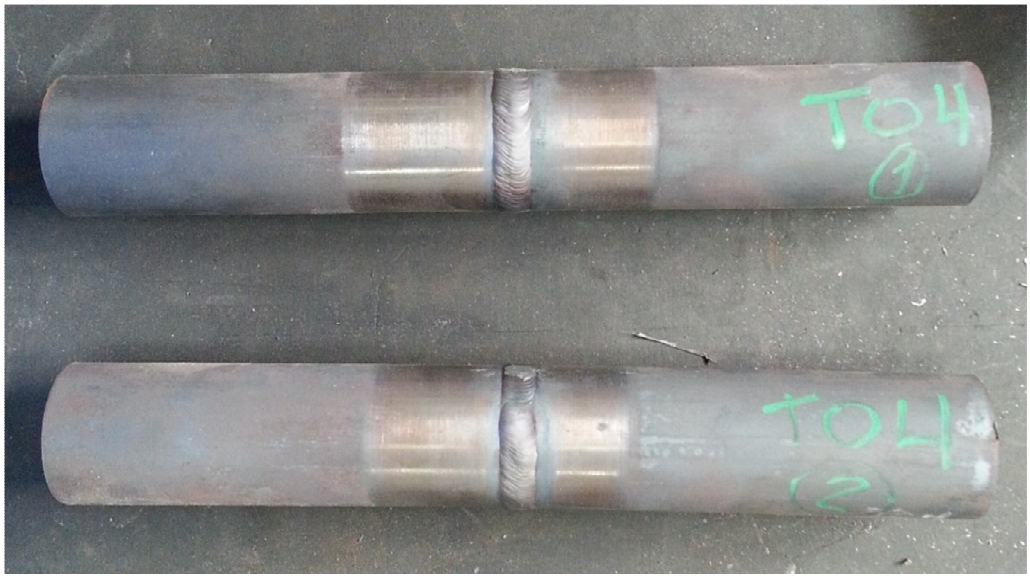


Figura 103 - Tubos após a operação de soldadura, para o teste P_APP_T04 (APPinho, 2014).

Para a realização dos ensaios pretendidos, foi necessária a extração das seguintes quantidades de amostras:

- 4 para dobragens transversais (2 pela face e 2 pela raiz);
- 2 para ensaio de tração à temperatura ambiente;
- 1 para ensaio de tração a alta temperatura;
- 1 para macrografia, micrografia, medição de microdureza;
- 1 para análise química.

A análise química necessita de uma amostra com um comprimento de 50 mm por 20 mm de largura. Para a macrografia, micrografia e medição de microdureza, a amostra foi a mesma, sendo que apenas foi necessário uma amostra com 80 mm de comprimento por 10 mm de largura, sendo que a soldadura deve ficar em bruto. Para os restantes provetes, as dimensões encontram-se nas Figura 104, Figura 105 e Figura 106.

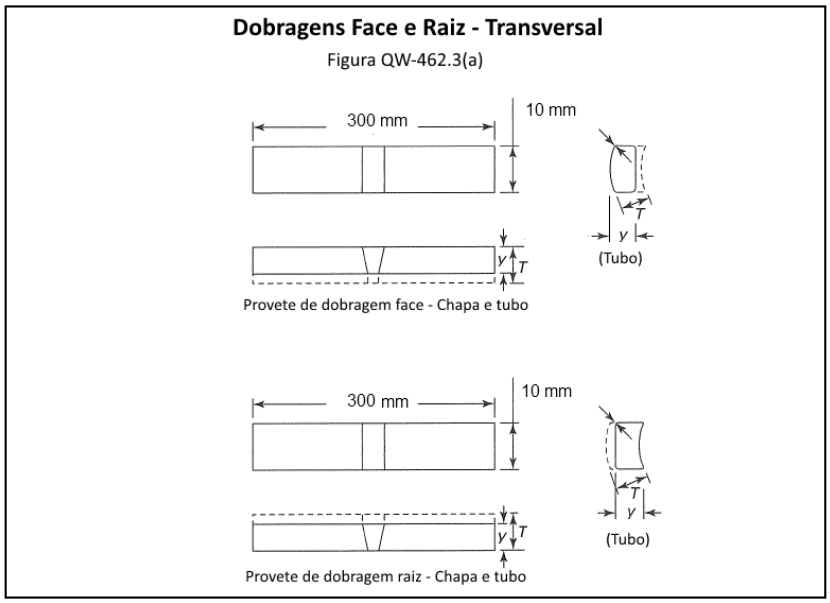


Figura 104 - Dimensões dos provetes para ensaio de dobragem, *ASME IX* – QW160 [89].

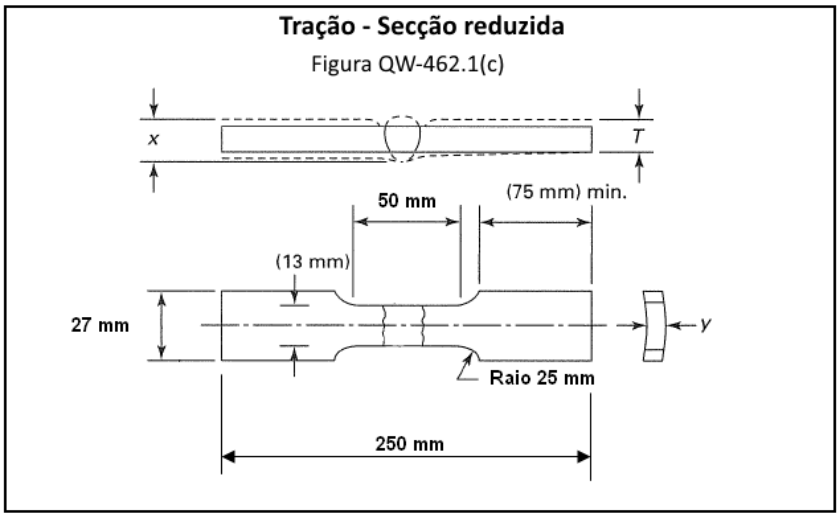


Figura 105 - Dimensões dos provetes para ensaio de tração à temperatura ambiente, *ASME IX* – QW150 [89].

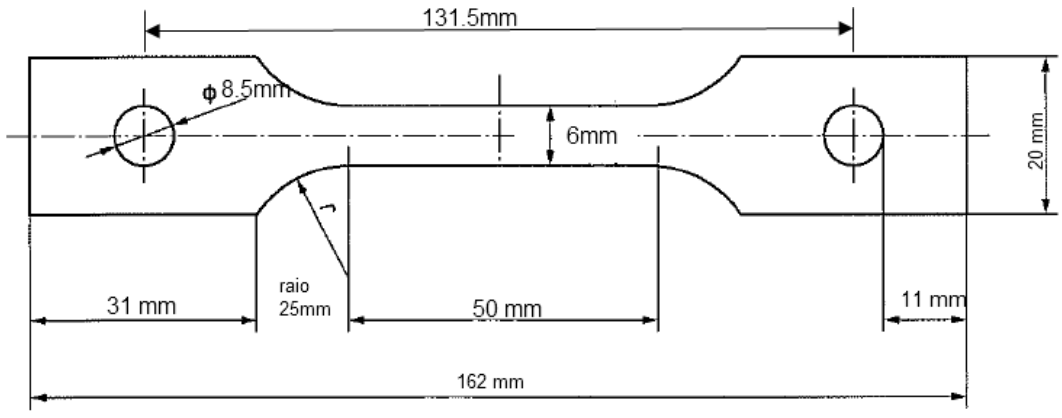


Figura 106 – Dimensão do provete de tração a alta temperatura - *ISO* 6892-2 [90].

3.3.2. Execução da preparação das juntas

Primeiramente procedeu-se ao corte dos tubos, com as dimensões atrás referidas, num serrote mecânico, com refrigeração, para não alterar a estrutura do material, Figura 107. As juntas foram preparadas com a abertura do chanfro no torno mecânico, garantindo-se assim o correto ângulo, Figura 108.



Figura 107 – Serrote mecânico, com refrigeração, utilizado no corte dos tubos sujeitos a soldadura (APPinho, 2014).

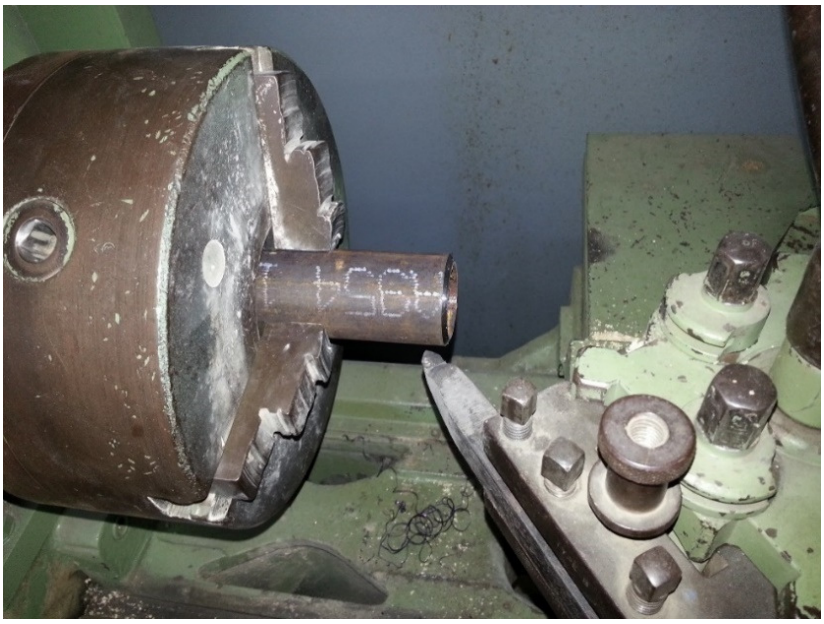


Figura 108 - Abertura do chanfro no tubo (APPinho, 2014).

Seguidamente, procedeu-se à remoção de óxidos e/ou outros contaminantes presentes na superfície, quer pelo interior, quer pelo exterior do tubo, pois podem afetar o processo de soldadura. Esta operação foi realizada com o auxílio de um esmerilador de pernos, Figura 109.



Figura 109 - Remoção de óxidos e/ou outros contaminantes, antes da soldadura (APPinho, 2014).

Após a limpeza da superfície, os quatro tubos foram sujeitos a uma inspeção por líquidos penetrantes, a fim de se detetarem descontinuidades que pudessem existir, garantindo assim que o tubo está conforme e que não vão interferir no resultado da ligação, Figura 110.

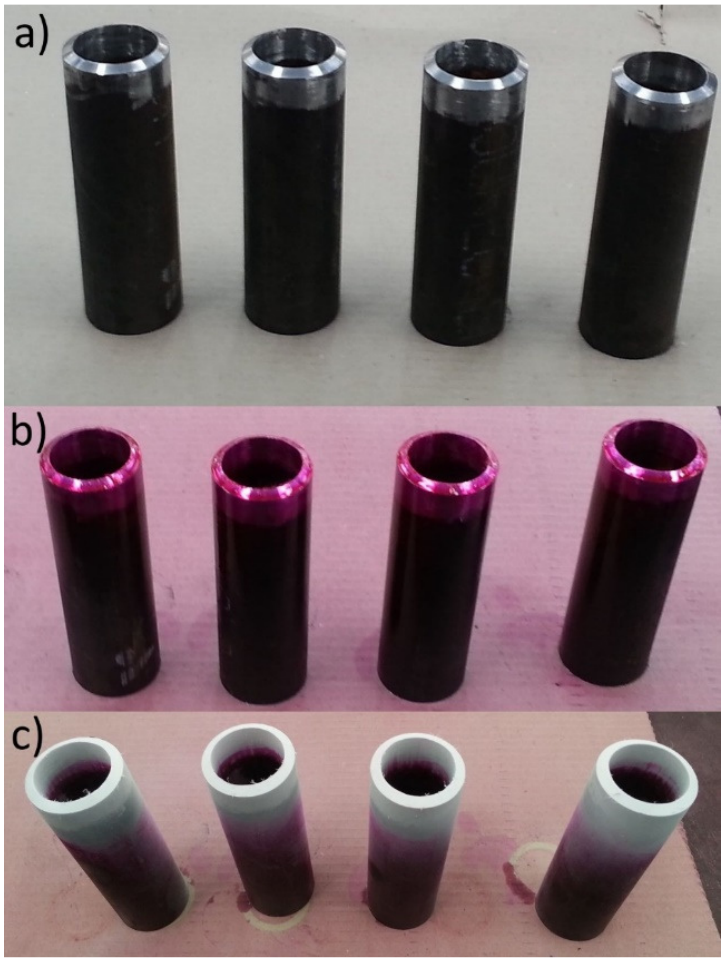


Figura 110 – Ensaio por líquidos penetrantes ao chanfro, sequência do ensaio, a) estado da superfície de ensaio, b) aplicação do líquido penetrante, c) resultado do ensaio (APPinho, 2014).

3.3.3. Processo de soldadura selecionado

O processo de soldadura utilizado neste trabalho foi o *TIG* (*GTAW*), Figura 111. Este processo não foi alvo de análise devido a:

- Não faz parte do objetivo do estudo aqui presente;
- Foi o processo utilizado quando realizado equipamento descrito atrás.

Portanto, foi mantido o mesmo processo, sendo que este é também o mais indicado para realização de soldaduras em materiais com esta configuração, tubos de secção reduzida.



Figura 111 – Soldadura do tubo com o processo *TIG* (*GTAW*) (APPinho, 2014).

3.3.4. Material de adição selecionado

Tal como com o processo de soldadura, foi adotado o material de adição anteriormente usado pela empresa para a união do aço grau 91. O material utilizado foi o ER90S-B9 (varetas), Figura 112, com um diâmetro de 2 mm, fornecido pela ELECTRO PORTUGAL, anexo XIII e anexo XIV. Este material de adição é o indicado segundo o código *ASME*.

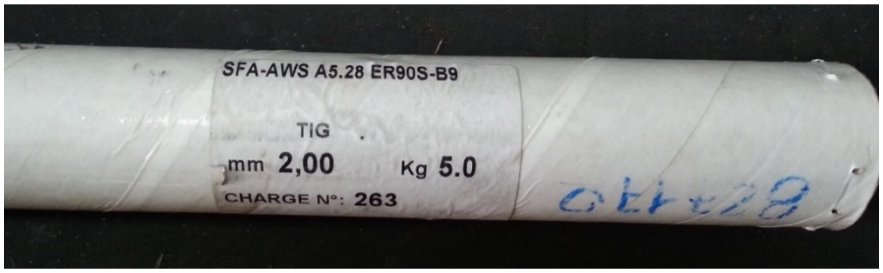


Figura 112 - Material de adição ER90S-B9 ∅2,0 mm, fornecido pela ELECTRO PORTUGAL (APPinho, 2014).

3.3.5. Caracterização dos meios utilizados para a realização das juntas e seus tratamentos

Os equipamentos de soldadura utilizados foram aparelhos de soldar da KEMPPI, exemplo Figura 113, preparados para o processo *TIG* e também para SER. Nem sempre foi utilizado o mesmo equipamento, sendo que os equipamentos utilizados em cada soldadura estão registados na Tabela 35. Tendo as mesmas características, e o plano de manutenção atualizado, entendeu-se que a mudança de equipamento não acarretava diferentes características para o cordão.

Estes equipamentos são fáceis de movimentar e têm um tamanho compacto. Possuem uma excelente qualidade de escorvamento, mesmo com tochas *TIG* longas. Têm uma função de pulsação rápida, que possibilita o aumento da velocidade e qualidade de soldadura. Na Tabela 36 encontram-se as principais características dos aparelhos de soldar.

Tabela 35 - Lista de aparelhos de soldar utilizados em cada teste.

Teste	Marca	Modelo	Número	Soldador
P_APP_T00	KEMPPI	*Master TIG MLS* 3000	S-299	José António Teixeira Martins Nº 780
P_APP_T01	KEMPPI	*Master TIG MLS* 3000	S-302	José António Teixeira Martins Nº 780
P_APP_T02	KEMPPI	*Master TIG MLS* 3000	S-302	José António Teixeira Martins Nº 780
P_APP_T03	KEMPPI	*Master TIG MLS* 3000	S-302	José António Teixeira Martins Nº 780
P_APP_T04	KEMPPI	*Master TIG MLS* 3000	S-302	José António Teixeira Martins Nº 780
P_APP_T05	KEMPPI	*Master TIG MLS* 4000	S-317	José António Teixeira Martins Nº 780
P_APP_T06	KEMPPI	*Master TIG MLS* 2800	S-187	José António Teixeira Martins Nº 780
P_APP_T07	KEMPPI	*Master TIG MLS* 2800	S-187	José António Teixeira Martins Nº 780
P_APP_T08	KEMPPI	*Master TIG MLS* 2800	S-187	José António Teixeira Martins Nº 780
P_APP_T09	KEMPPI	*Master TIG MLS* 2800	S-187	José António Teixeira Martins Nº 780
P_APP_T10	KEMPPI	*Master TIG MLS* 2800	S-187	José António Teixeira Martins Nº 780



Figura 113 - Aparelho de Soldar KEMPPI Master *TIG* MLS 4000 [91].

Tabela 36 – Principais características dos aparelhos de soldar, apenas para o processo *TIG* [91, 92].

Características		**Aparelho de soldar**		
		***Master TIG MLS* 3000**	***Master TIG MLS* 4000**	***Master TIG* 2800**
Tensão da rede	50/60 Hz	3~,400 V -15…+20%	3~,400 V-15…+20%	400 V 3~
Potência Nominal 100% *ED*	*TIG*	8,4 kVA	13,8 kVA	6 kVA
Saída 40 °C	30% *ED TIG*	300 A / 22 V	400 A / 26 V	280 A / 11,5 kVA
	60% *ED TIG*	230 A / 19,2 V	320 A / 22,8 V	213 A / 8,5 kVA
	100% *ED TIG*	200 A / 18V	270 A / 20,8 V	165 A / 6,0 kVA
Gama Soldadura	*TIG*	5 A / 10 V… 300 A /22 V	5 A /10V… 400 A / 26 V	5 A / 10,2 V… 280 A /21,2 V
Tensão – Circuito aberto		80 V DC	80 V DC	75 V DC
Fator de potência a 100% *ED*		0,95	0,95	0,93
Eficiência a 100% *ED*		86 %	86%	83%
Dimensões externas (mm)	**LxWxH**	500x180x390	500x180x390	540x215x350
Peso (kg)		22	23	22

Para a realização do pré-aquecimento, pós-aquecimento e *PWHT*, foi utilizada a Unidade de Tratamentos Térmicos WELDOTHERM VAS 82-12 Digit 1000, Figura 114, com capacidade para doze canais, sendo que seis têm capacidade para utilização de resistências elétricas até 135 A e seis com 90 A. Na Tabela 37, encontram-se as principais características deste equipamento.

Tabela 37 - Principais características da Unidade de Tratamentos Térmicos [93].

Características	Equipamento
Referência	WELDOTHERM VAS 82-12 Digit 1000
Potencia a 100% da utilização	82 kW
Entrada primária	400 V, 119 A 500 V, 95 A
Tensão do controlo	Standard 230 V, 50 Hz
Programadores	TC 80
Circuitos de controlo	12
Saídas p/ resistências	6x135 A + 6x90 A
Registador de temperatura	BH 60-12
Dimensões (mm)	900x1300x800 (W x H x D)
Peso (kg)	490



Figura 114 - Unidade de Tratamentos Térmicos WELDOTHERM VAS 82-12 Digit 1000 [93].

Na Figura 115 encontra-se demonstrado o esquema de ligação das resistências elétricas (esteiras de recozimento) à unidade de tratamentos térmicos, para uma zona de controlo. Para as restantes zonas, quando necessária a sua utilização, o esquema é o mesmo.

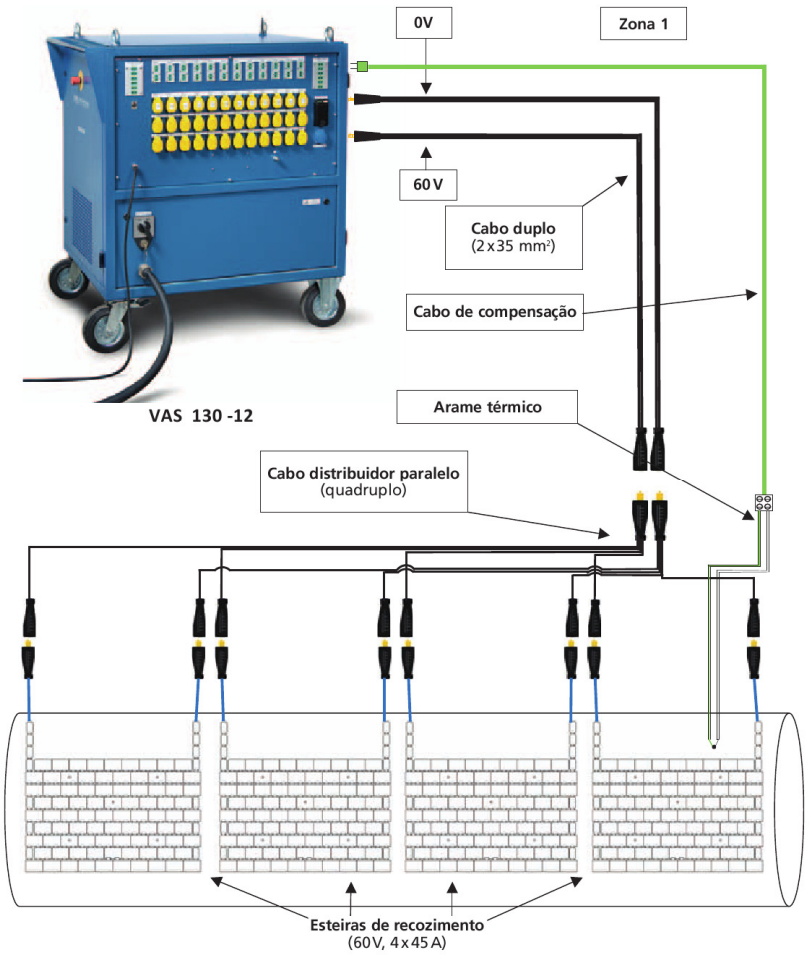


Figura 115 – Esquema de ligação para uma zona de controlo [93].

3.3.6. Parâmetros selecionados para a realização da soldadura

Em qualquer operação de soldadura, um dos passos mais importantes é a correta seleção dos parâmetros de soldadura. Uma das formas possíveis é pedir informação junto dos fornecedores de materiais de adição, pois estes já se dedicaram à elaboração de estudos para poderem fornecer aos seus clientes todo o apoio necessário. Há que ter em atenção que os parâmetros de soldadura podem sofrer sempre pequenas alterações, até porque é muito difícil reproduzir sempre as mesmas condições nas soldaduras. No entanto, ao ter-se informação partilhada pelos fornecedores ou por investigadores, é um passo fundamental para o arranque da operação.

Neste caso recorreu-se a recomendações fornecidas pelos materiais de adição, “METRODE” e “KOBELCO”, que sugerem como valores de entrega térmica satisfatórios 0,8 a 1,6 kJ/mm. Para a determinação da intensidade recorreu-se a um critério de boas práticas de engenharia. Este recomenda que se utilize 45 A por cada milímetro de diâmetro do material de adição, o que resulta num valor de intensidade de 90 A. A tensão é regulada automaticamente, seguindo os pontos ideais de soldadura segundo a curva característica do equipamento.

Nesta análise de parâmetros, deve haver cuidado acrescido com as gamas que podem ser utilizadas. Depois de se obter a intensidade, a tensão e o intervalo de entrega térmica pretendido, deve-se ter em linha de conta que para a posição de soldadura e diâmetro de tubo a soldar, qual deverá ser a velocidade ideal para a realização da soldadura. A velocidade de trabalho é calculada através da expressão da entrega térmica, capitulo 2.2.2. Posteriormente, fazem-se os ajustes necessários, de forma a termos os parâmetros ideais.

Estes parâmetros dizem respeito ao primeiro passe, ou seja, da raiz. Para o segundo passe, devido ao ângulo do chanfro, existe um maior espaço para depositar material de adição. Então, por experiência, é sabido que é necessária uma maior intensidade, menor velocidade de trabalho, as quais vão resultar numa entrega térmica maior. Por esse motivo, a soldadura deve ser realizada com interrupções, neste último passe, uma vez que, como a entrega térmica é maior, o tubo vai atingindo cada vez mais temperatura. Isto acontece porque se está a trabalhar com um tudo de dimensões reduzidas, quer em espessura, quer em comprimento, e este não apresenta volume de material suficiente para fazer um escoamento ideal do fluxo de calor. Esta temperatura elevada é prejudicial, uma vez que o tubo está na vertical e a soldadura é realizada no sentido horizontal, o que faz com que o material de adição vá deslizando, por ação da gravidade. Na Tabela 38, encontram-se os valores definidos para o início da soldadura.

Tabela 38 - Parâmetros de soldadura, valores iniciais.

Material Base		**Material de adição**		**Gás**	
Material	SA 213 / SA 335	**SFA Especificação**	5.28	**Gás de Proteção**	Árgon (100%)
Tipo ou Grau	T/P 91	***AWS* Especificação**	ER 90S B9	**Caudal de gás proteção (l/min)**	14
P Number	15 E	**Diâmetro (mm)**	Ø 2	**Gás de purga**	Árgon 100%
Espessura (mm)	5	**Posição da Junta**	2 G	**Caudal da purga (l/mim)**	10
Diâmetro (mm)	Ø 48,3				
Características Elétricas / Técnicas					
Passe	**Corrente**	**Intensidade (A)**	**Tensão (V)**	**Velocidade de Trabalho (mm/min)**	**Entrega Térmica (kJ/mm)**
1º	DC (continua)	90	12	50	0,91
2º		95	14	42	1,33
Elétrodo Tungsténio	**Polaridade**	**Cordão**	**Tamanho do Bocal (mm)**	**Limpeza Inicial**	**Abertura chanfro**
Ø 2,4 mm EWCE-2	Direta (DC-)	Retilíneo	Ø 20	Esmerilamento	Torno Mecânico

Todos estes parâmetros sofreram ligeiros ajustes assim que se iniciou a operação de soldadura. Como o soldador é um operador devidamente qualificado e certificado, soube como ajustar os parâmetros inicialmente definidos de forma a melhor se adaptar à presente situação. No entanto, os ajustes foram apenas de pequena dimensão na intensidade, tensão, caudal de purga e velocidade de trabalho. No que diz respeito à purga, esta é muito importante, como na maior parte das operações de soldadura, que o trabalho seja executado num local onde não há correntes de ar, para que se obtenha melhores resultados. No anexo XV, estão todos os valores dos parâmetros de soldadura que foram utilizados em cada teste.

3.3.7. Extração e preparação das amostras para ensaios

Um assunto que é de extrema importância na fase de colheita e preparação das amostras é a garantia de que estas não são submetidas a temperaturas elevadas durante a fase de corte e/ou preparação, quer na maquinagem, quer em outras operações de esmerilamento. Na maquinagem, este problema não é grave desde que se utilize refrigeração. No entanto, durante a extração das amostras do tubo, esta foi realizada com uma rebarbadora, a qual provoca aquecimento do tubo, Figura 116.

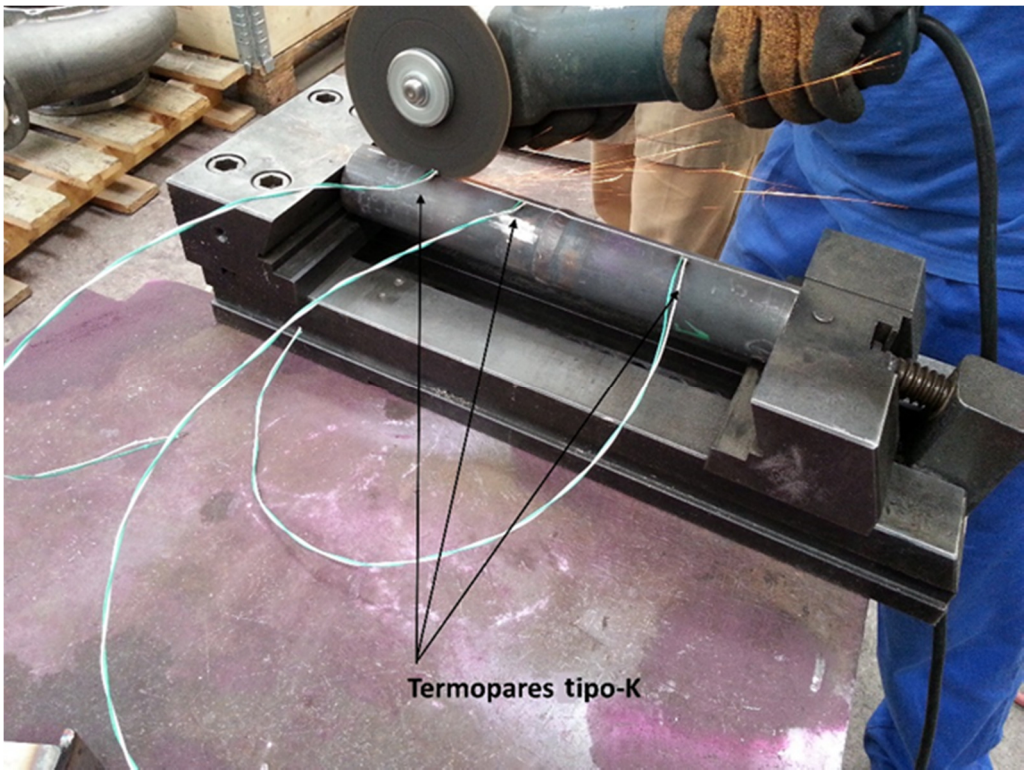


Figura 116 - Extração das amostras a partir do tubo com aplicação de termopares para controlo de temperatura (APPinho, 2014).

Um dos cuidados que foi tido em conta foi a realização de um corte em sucessivas passagens, com pouca profundidade em cada passagem. Foi também dado tempo entre passagens para arrefecer a zona de corte. Assim, tentou-se gerar menos calor, pois temperaturas demasiado elevadas podem causar alteração das amostras e colocar todo o estudo em causa. Durante a operação foi realizado um controlo de temperatura, Figura 116 e Figura 117, onde se teve o cuidado de esta não ultrapassar os 120°C. Por outro lado, também foi deixada uma espessura de cerca de 2 mm nas zonas de corte, que depois foi removida na maquinagem, funcionando como mais uma segurança de que as zonas a serem ensaiadas não sofreram alteração da sua microestrutura durante a fase de extração das amostras. Na Figura 118 e na Figura 119 estão as amostras após a sua extração do tubo.



Figura 117 - Registo de temperatura na zona de corte durante a operação de extração das amostras (APPinho, 2014).



Figura 118 - Amostras para ensaio, após o corte, lado interior do tubo, raiz, P_APP_T08 (APPinho, 2014).

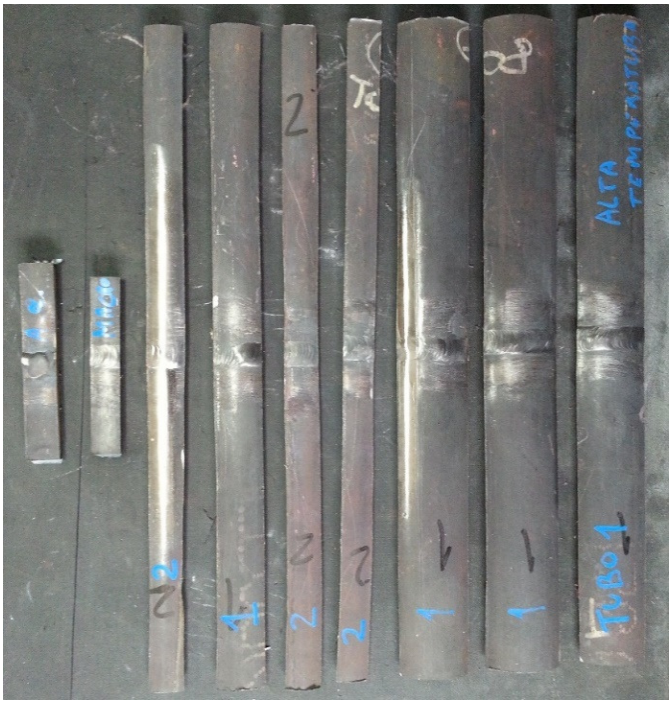


Figura 119 - Amostras para ensaio após o corte, lado exterior do tubo, face, P_APP_T08 (APPinho, 2014).

A maquinagem dos provetes foi realizada numa fresa convencional, Figura 120, pois tratam-se de amostras com secção quase retangular. Na Figura 121 e na Figura 122 encontram-se os provetes após maquinagem, prontos a serem submetidos aos respetivos ensaios.



Figura 120 - Fresa convencional utilizada na preparação dos provetes (APPinho, 2014).



Figura 121 - Provetes para ensaio, após maquinagem, vista da face, P_APP_T00 (APPinho, 2014).



Figura 122 - Provetes para ensaio, após maquinagem, vista da raiz, P_APP_T00 (APPinho, 2014).

Após a maquinagem, foi necessário afagar a soldadura até que fique ao nível do material de base, isto para que a zona de ensaio fique toda com a mesma espessura e secção de forma a retirar da junta o fator de entalhe, resultante da concordância do cordão de soldadura com o material de base. Esta operação foi realizada para os provetes de tração e dobragem, Figura 123 e Figura 124.



Figura 123 - Remoção do excesso de material de adição por esmerilamento, P_APP_T06 (APPinho, 2014).



Figura 124 - Remoção do excesso do material de adição por limagem, P_APP_T06 (APPinho, 2014).

Na Figura 125 e na Figura 126 encontram-se os provetes após remoção do excesso de material de soldadura, quer do lado da face, quer do lado da raiz.



Figura 125 - Provetes acabados, após remoção do excesso de metal depositado, vista da face, P_APP_T07 (APPinho, 2014).



Figura 126 - Provetes acabados, após remoção do excesso de metal depositado, vista da raiz, P_APP_T07 (APPinho, 2014).

3.3.8. Ciclos de pré-aquecimento

No que diz respeito ao pré-aquecimento, foram realizados testes onde se fez pré-aquecimento, e outros onde não se fez. Quando se efetuou pré-aquecimento, este foi realizado a uma temperatura de 250°C, com uma taxa de aquecimento de 100°C/h.

Esta temperatura foi escolhida com base no código *ASME* que também vai de encontro à temperatura sugerida pelos fabricantes dos consumíveis de soldadura. O objetivo com os ciclos de pré-aquecimento, neste trabalho, não foi determinar a temperatura ideal, mas sim identificar até que ponto a sua aplicação pode ser benéfica. Como o material em estudo tem uma espessura relativamente pequena, pensa-se que o pré-aquecimento pode não trazer benefícios para a soldadura. Pelo contrário, pode trazer custos desnecessários, quer pelo aumento de tempo de execução de toda a operação, quer pelo custo energético e consumíveis dos equipamentos utilizados para a realização do pré-aquecimento. A Tabela 39 contém uma listagem dos testes que foram sujeitos a pré-aquecimento.

Tabela 39 - Ciclos de pré-aquecimento utilizados.

	Pré-aquecimento (QW-406)			
Teste	**Taxa de Aquecimento (ºC/h)**	**Temperatura (ºC)**	**Temperatura Interpasse (ºC)**	**Método**
P_APP_T00	-----	-----	≤ 300	-----
P_APP_T01	100	250	≤ 300	Resistências elétricas
P_APP_T02	100	250	≤ 300	Resistências elétricas
P_APP_T03	100	250	≤ 300	Resistências elétricas
P_APP_T04	-----	-----	≤ 300	-----
P_APP_T05	-----	-----	≤ 300	-----
P_APP_T06	100	250	≤ 300	Resistências elétricas
P_APP_T07	100	250	≤ 300	Resistências elétricas
P_APP_T08	100	250	≤ 300	Resistências elétricas
P_APP_T09	-----	-----	≤ 300	-----
P_APP_T010	100	250	≤ 300	Resistências elétricas

Esta operação foi realizada com resistências elétricas do tipo “mangas de recozimento”, ideal para utilização em tubos, devido à sua fácil montagem e desmontagem.

Os tubos foram inseridos nas mangas de recozimento, para se proceder ao seu aquecimento à temperatura pretendida. Em cada manga foram inseridos os dois tubos que foram soldados um no outro, Figura 127.



Figura 127 - Realização do pré-aquecimento no teste P_APP_T01 (APPinho, 2014).

Quando estes atingiram a temperatura pretendida, foi retirado um tubo e inserido no posicionador, tubo inferior. Seguidamente foi retirado o outro tubo, tubo superior, e foi inserido em cima do primeiro, com o espaçamento necessário e com o correto alinhamento axial. Nesta etapa, foi também colocado o acessório para permitir fazer a purga, Figura 128.



Figura 128 – Posicionamento dos tubos na soldadura e acessórios para fazer a purga da amostra P_APP_T01 (APPinho, 2014).

A temperatura de pré-aquecimento foi monitorizada e registada, Gráfico 12. Teve-se também o cuidado de garantir que a temperatura entre passes não ultrapassou os 300°C.

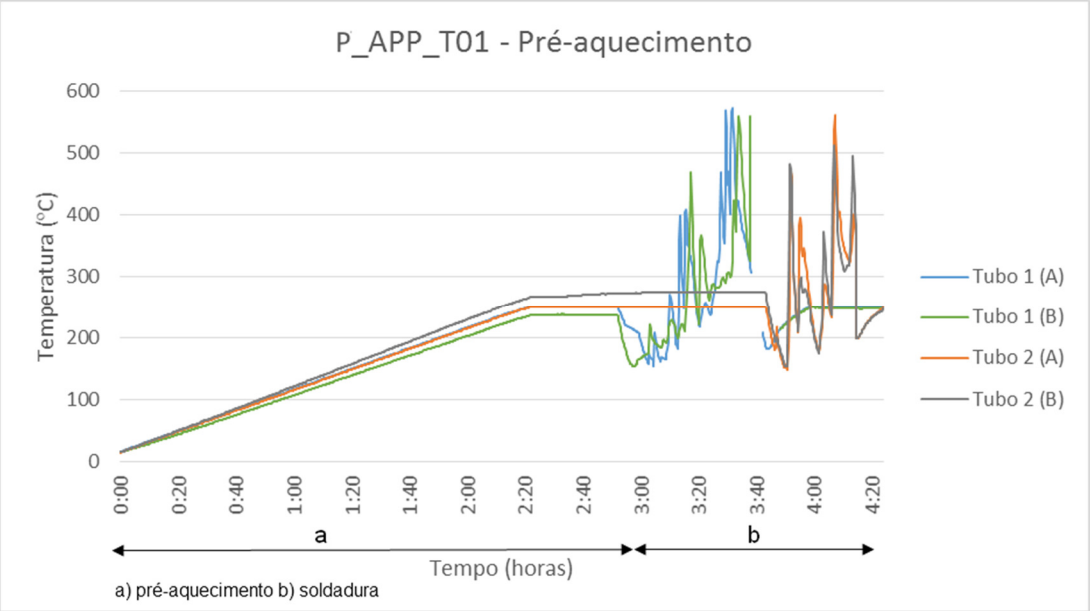


Gráfico 12 - Registo de pré-aquecimento e soldadura – P_APP_T01.

Numa operação realizada num componente, em obra, aplica-se uma resistência elétrica de cada lado do tubo, para evitar a dissipação de calor ao longo do tubo para valores inferiores ao pretendido, Figura 129 e Figura 130.

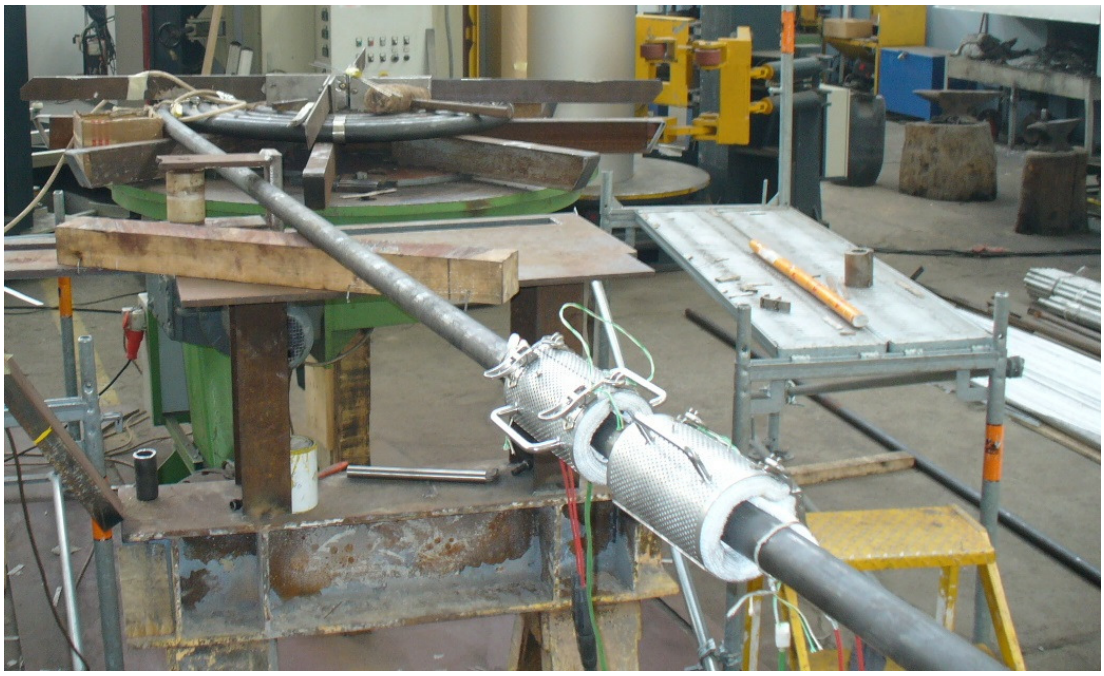


Figura 129 – Montagem típica de um pré-aquecimento na soldadura de tubo (APPinho, 2013).

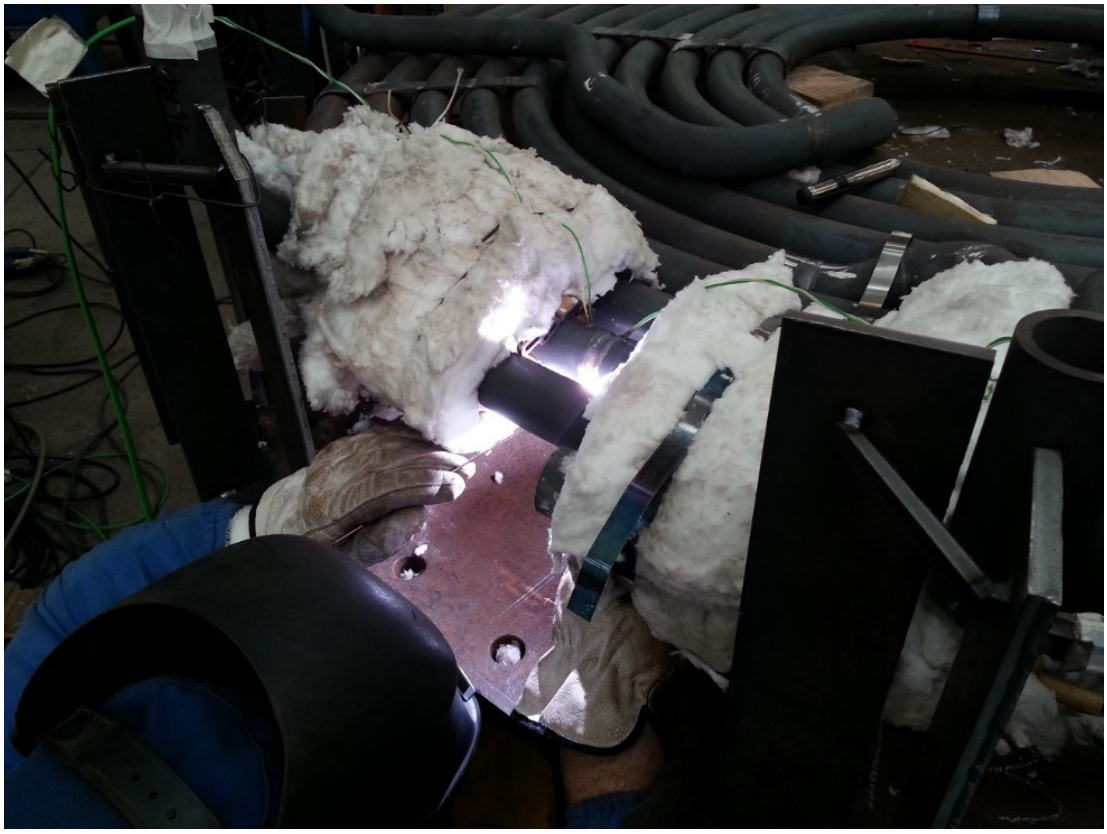


Figura 130 - Soldadura com pré-aquecimento numa serpentina (APPinho, 2013).

3.3.9. Ciclos de pós-aquecimento e tratamento térmico pós-soldadura (PWHT)

À semelhança do que aconteceu com o pré-aquecimento, pretendeu-se também estudar a influência do pós-aquecimento no final da realização da soldadura. Isto engloba o pós-aquecimento e o tratamento térmico para alívio de tensões, revenido. No entanto, este último, *PWHT*, não sofreu qualquer tipo de alteração. Com exceção no teste P_APP_T00, onde não foi realizado qualquer tipo de tratamento térmico, nos restantes este parâmetro foi mantido sempre constante.

Em relação ao pós-aquecimento, pretendeu-se verificar a necessidade de realização do mesmo, pois tal como no ponto anterior do presente relatório, este implica custos em termos de tempo e equipamento utilizado. Para material com esta geometria, caso se chegue à conclusão que não é necessário, então poupam-se custos. Por outro lado, é sabido que o pós-aquecimento é necessário para eliminar o hidrogénio, mas também nos é dito que o hidrogénio pode ser eliminado com o revenido, caso este seja realizado após a conclusão da soldadura. Portanto, o objetivo poderá ser atingido por diferentes vias.

Em relação ao revenido, *PWHT*, este tem que ser sempre realizado, pois é necessário criar uma microestrutura martensítica revenida no MF e ZTA, para que o material obtenha as suas ótimas características de resistência mecânica e à fluência. Na Tabela 40 encontram-se descriminados os ciclos de pós-aquecimento e *PWHT* aplicados a cada teste.

Após a conclusão da soldadura, fez-se a montagem de uma resistência elétrica em cada tubo. Aplicaram-se dois termopares na soldadura, um a 0° e outro a 180°. Nesta montagem foram usadas resistências com uma largura de banda de 310 mm, Figura 131. Esta operação tem que ser realizada com rapidez e cuidado, pois em casos em que o teste necessita da realização de um pós-aquecimento, o qual consiste em manter a soldadura a 250°C após a sua conclusão, há perigo de queimaduras e também de se deixar arrefecer demasiado o material.

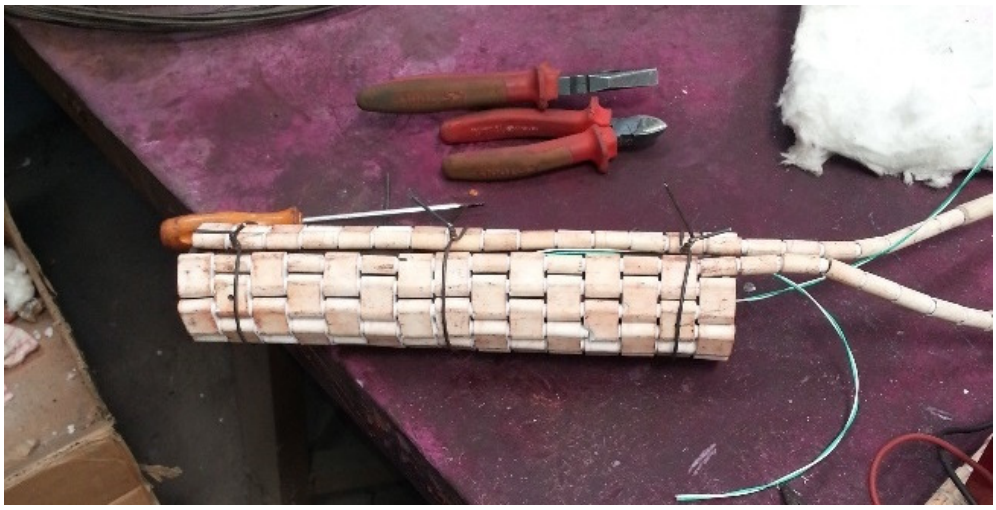


Figura 131 – Montagem de resistência elétrica para a realização do *PWHT* no teste P_APP_06 (APPinho, 2014).

Após a montagem da resistência elétrica, os tubos foram envolvidos com isolamento térmico, manta fibra de cerâmica, Figura 132. Terminada a montagem, foi iniciado o tratamento térmico pós-soldadura.

Durante a realização do *PWHT*, deve estar um operador a monitorizar as temperaturas, pois por algum motivo pode-se danificar um termopar, dando origem à paragem do registo de temperaturas e/ou à paragem do equipamento de tratamento térmico. Caso isto aconteça, o operador deve de imediato ligar o termopar de reserva que foi colocado na mesma zona. Devido a este motivo, é sempre aconselhado que na realização de um tratamento térmico sejam sempre colocados dois termopares, um ao lado do outro, ficando um a fazer o registo e o outro de reserva, caso a fixação do primeiro se solte.

Tabela 40 - Ciclos de pós-aquecimento e *PWHT* utilizados

	Pós-aquecimento					***PWHT* (QW-407)**			
Teste	**Temp. (°C)**	**Tempo (min.)**	**Taxa Arr. (°C/h)**	**Temp. (°C)**	**Tempo (min.)**	**Taxa Aq. (°C/h)**	**Temp. (°C)**	**Tempo (min.)**	**Taxa Arr. (°C/h)**
P_APP_T00	-----					-----			
P_APP_T01	250	120	50	60	120	100	750	120	50
P_APP_T02	Isolado com manta fibra de cerâmica até à temperatura ambiente					100	750	120	50
P_APP_T03	250	120	50	60	120	100	750	120	50
P_APP_T04	250	30	100	60-70	30	100	750	120	50
P_APP_T05	-----	-----	-----	-----	-----	100	750	120	50
P_APP_T06	-----	-----	-----	-----	-----	100	750	120	50
P_APP_T07	Isolado com manta fibra de cerâmica até à temperatura ambiente					100	750	120	50
P_APP_T08	250	120	50	-----	-----	100	750	120	50
P_APP_T09	250	120	50	60	120	100	750	120	50
P_APP_T10	Revenido imediatamente a seguir à soldadura					100	750	120	50



Figura 132 – Aplicação de isolamento térmico, manta fibra de cerâmica no teste P_APP_T06 (APPinho, 2014).

No final foi obtido um gráfico para que se possa validar o tratamento térmico, Gráfico 13 ou também rejeitá-lo, caso este não esteja dentro do pretendido.

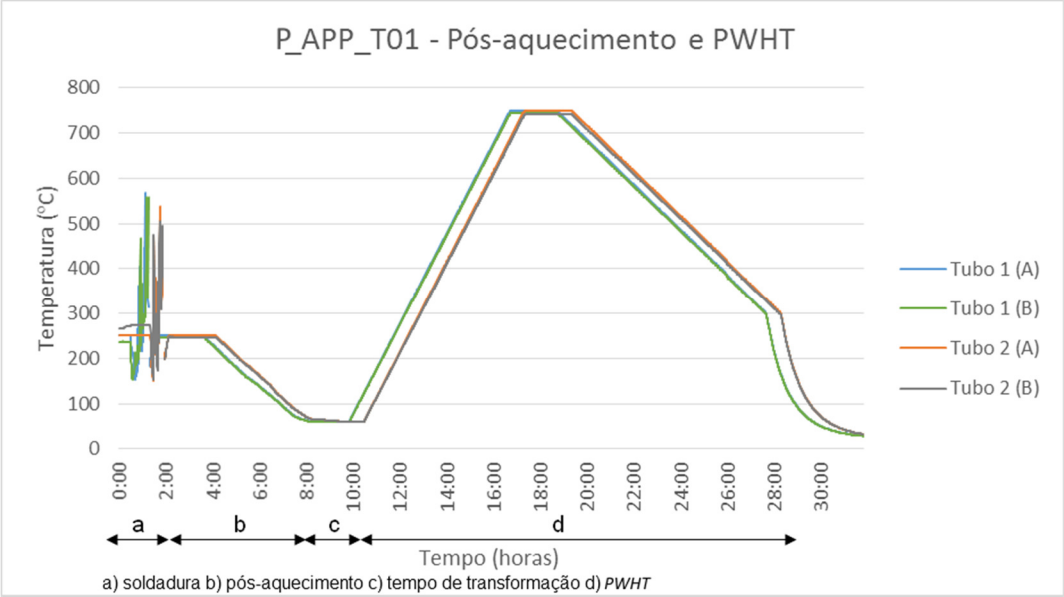


Gráfico 13 - Registo de soldadura, pós-aquecimento e *PWHT* – P_APP_T01.

3.3.10. Estudo do gradiente térmico na soldadura durante o PWHT

Tal como mencionado no capítulo 2.2.2.8, é importante usar-se resistências, para a realização do *PWHT*, com largura de banda maiores para o grau 91, quando comparado com outros materiais. Nesse sentido, foi também efetuado um estudo para se confirmar o impacto desse tamanho. Para tal, fez-se uma simulação onde foi utilizada uma resistência com 145 mm de comprimento, normalmente utilizada neste tipo de tubagem, e outra com 310 mm, Figura 133.

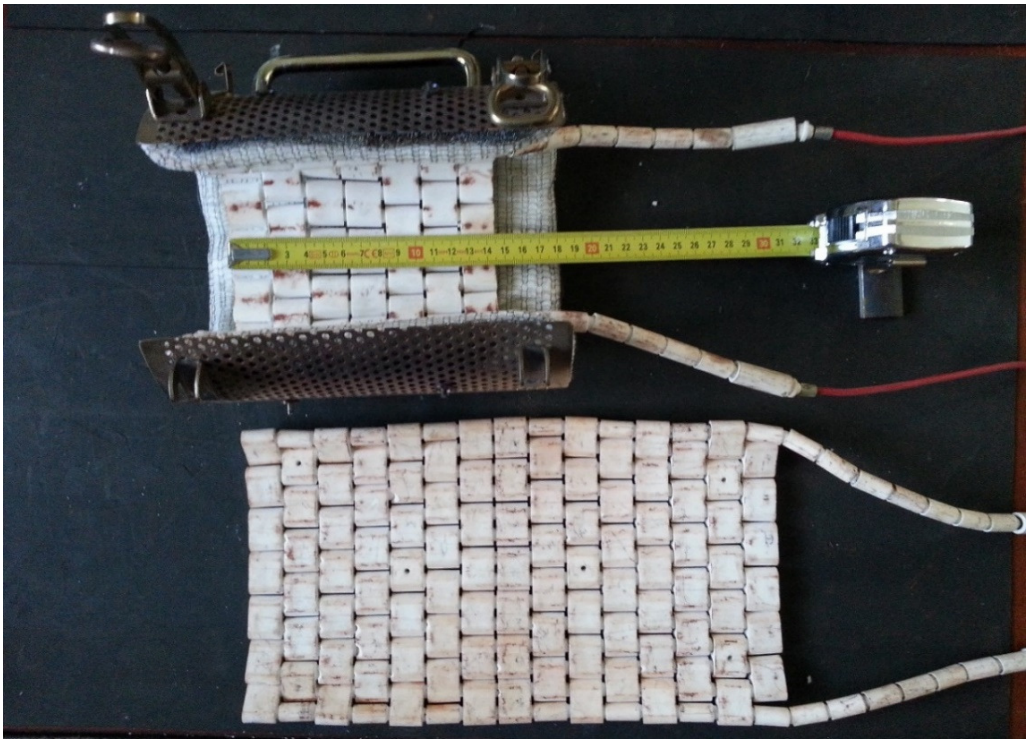


Figura 133 - Resistências utilizadas no estudo do gradiente térmico, 145 mm e 310 mm (APPinho, 2014).

De seguida, foram colocados os termopares para registar a alteração da temperatura ao longo da soldadura, de acordo com o esquema da Figura 134 e Figura 135. Foram colocados quatro termopares em cada face da soldadura, no limite da ZTA pelo interior do tubo, afastados 5 mm do topo do tubo, Figura 136, e depois quatro termopares no centro da soldadura, pelo exterior, após se ter efetuado a soldadura das duas partes do tubo, Figura 137.

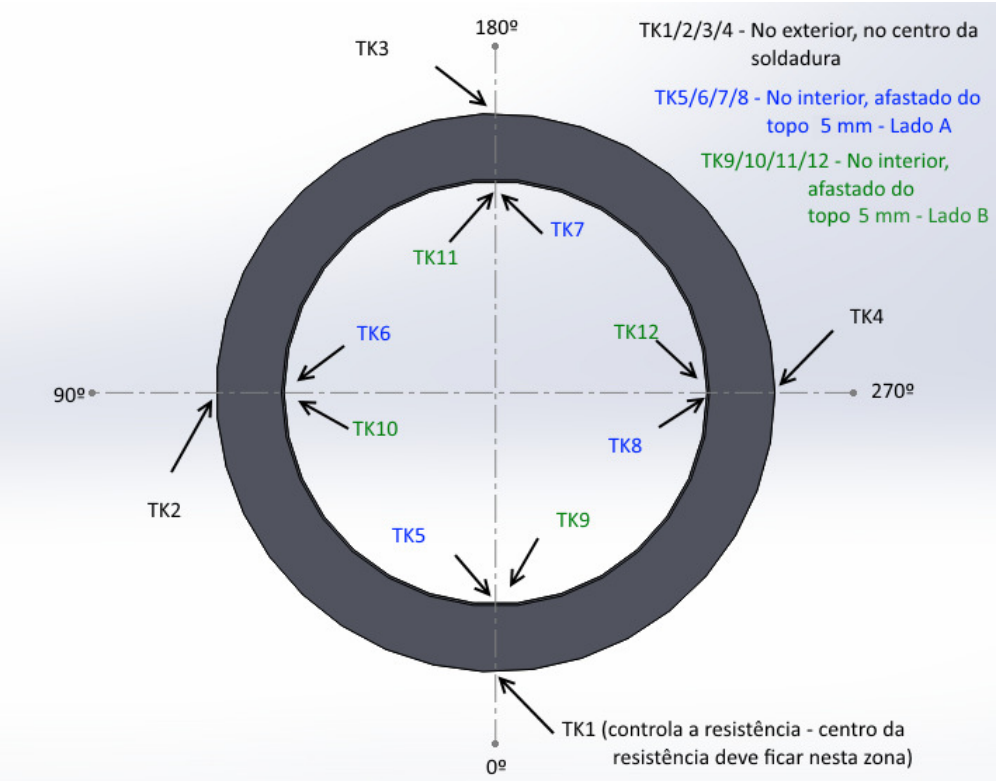


Figura 134 - Esquema de colocação dos termopares para registo de temperatura durante a experiência.

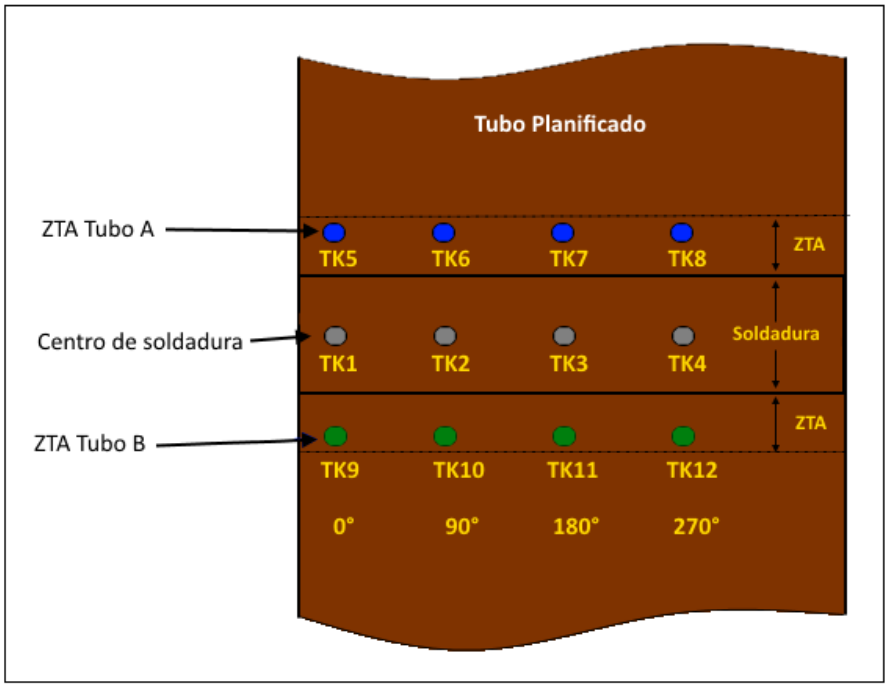


Figura 135 – Esquema de localização dos termopares considerando o tubo planificado.

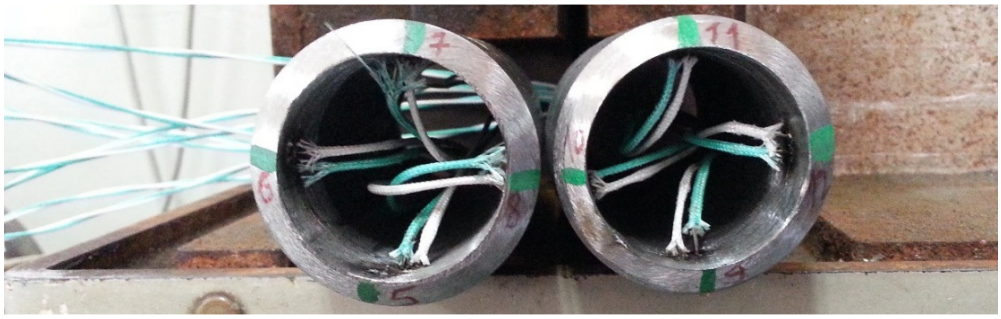


Figura 136 - Colocação dos termopares pelo interior do tubo no limite ZTA - MB. Lado esquerdo do tubo A, lado direito do tubo B (APPinho, 2014).



Figura 137 - Tubo com os 12 termopares aplicados, pronto para o ensaio (APPinho, 2014).

De seguida, foram realizados os tratamentos térmicos, apenas para registo de temperaturas, e determinar as variações das mesmas nos termopares aplicados. Inicialmente fez-se o teste com a resistência elétrica de 145 mm, Figura 138, e por fim com a resistência elétrica de 310 mm, Figura 139. O aquecimento foi efetuado a uma taxa de 100°C/h, seguido de três patamares, 750°C, 760°C e 800°C. A descida da temperatura foi realizada a uma taxa de 50°C/h, Gráfico 14. Estes patamares foram escolhidos de acordo com as temperaturas de tratamento térmico que geralmente se utilizam para estes materiais, 750°C e 760°C. A temperatura de 800°C é a temperatura máxima que se pode utilizar para realização do *PWHT* neste material.



Figura 138 – Realização do tratamento térmico com a resistência elétrica de 145 mm (APPinho, 2014).



Figura 139 – Realização do tratamento térmico com a resistência elétrica de 310 mm (APPinho, 2014).

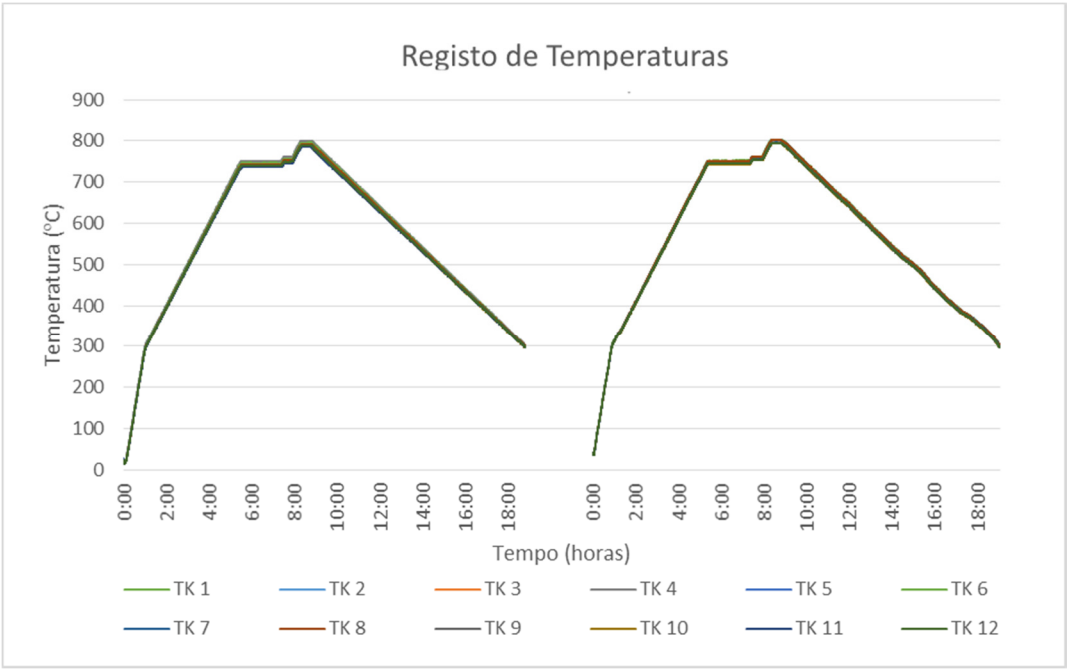


Gráfico 14 - Registo de temperaturas do estudo do gradiente térmico. À esquerda, resistência elétrica de 145 mm, à direita resistência elétrica de 310 mm.

Após realização dos tratamentos térmicos passou-se à análise dos resultados, a fim de se verificar as diferenças devido ao uso de diferentes larguras de banda. No Gráfico 14, não é possível verificar as diferenças, no entanto, já se pode verificar que no gráfico da esquerda, resistência de 145 mm, quando é realizado o patamar, existe uma maior espessura nas linhas de registo, o que significa de imediato que houve uma maior diferença nas temperaturas do que no gráfico da direita. No entanto, no Gráfico 15, pode ser visto o comportamento da temperatura nos doze termopares durante os patamares de 750°C, 760°C e 800°C. Nota-se claramente a diferença entre a resistência menor e a de maior comprimento.

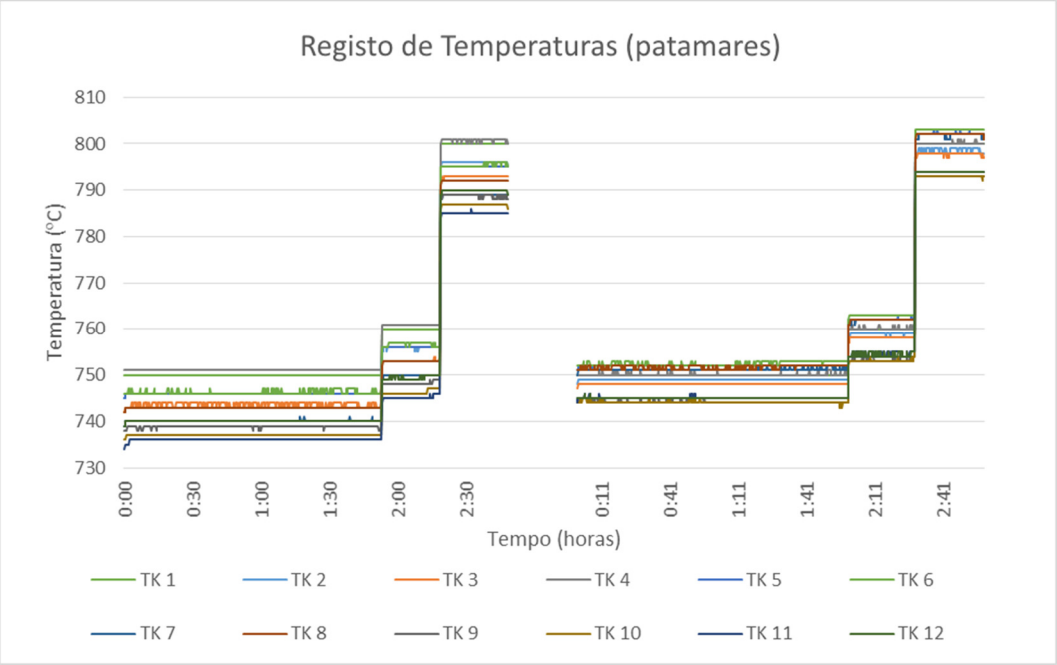


Gráfico 15 - Registo de temperaturas apenas durante o patamar. À esquerda, resistência elétrica de 145 mm, à direita resistência elétrica de 310 mm.

Para uma melhor análise dos resultados, foi calculada a média e desvio padrão das temperaturas registadas por cada termopar durante o tempo de patamar, e depois procedeu-se à análise das diferenças. Na Tabela 41 estão os resultados obtidos para a resistência de menor comprimento, onde pode ser verificado que houve desvios em relação ao valor pretendido, quer para valores superiores, quer para inferiores. Esses desvios foram registados pelo termopar TK4, para valores superiores, e pelo termopar TK11 para valores inferiores. A diferença para temperatura superior, em relação ao valor pretendido para o patamar, pode ser considerada desprezável, até porque se trata de apenas 1°C. No entanto, a diferença para valores inferiores tem um maior desvio, sendo de 14°C para o patamar de 750°C e de 15°C para os patamares de 760°C e 800°C.

Tabela 41 – Estudo das temperaturas para a resistência de 145 mm: o azul indica o valor de temperatura máximo registada, o verde indica a mínima, o vermelho indica o desvio máximo registado.

Média da temperatura registada em cada termopar durante o tempo de patamar																
Temperatura de patamar (°C)		**TK 1**	**TK 2**	**TK 3**	**TK 4**	**TK 5**	**TK 6**	**TK 7**	**TK 8**	**TK 9**	**TK 10**	**TK 11**	**TK 12**	**Máx.**	**Mín.**	
750	Média	750	746	744	751	746	746	740	743	739	737	736	740	751	736	14
	σ	0,0	0,1	0,5	0,0	0,1	0,4	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1			
760	Média	760	756	753	761	756	757	750	753	748	746	745	749	761	745	15
	σ	0,0	0,3	0,2	0,0	0,1	0,4	0,2	0,1	0,4	0,4	0,4	0,5			
800	Média	800	796	793	801	795	795	789	792	789	787	785	790	801	785	15
	σ	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1	0,4	0,2	0,1	0,4	0,2	0,2	0,2			

Tabela 42 - Estudo das temperaturas para a resistência de 310 mm: o azul indica o valor de temperatura máximo registada, o verde indica a mínima, o vermelho indica o desvio máximo registado.

Média da temperatura registada em cada termopar durante o tempo de patamar																
Temperatura de patamar (°C)		TK 1	TK 2	TK 3	TK 4	TK 5	TK 6	TK 7	TK 8	TK 9	TK 10	TK 11	TK 12	Máx.	Mín.	
750	Média	750	749	748	750	752	752	751	752	744	744	745	745	752	744	6
	σ	0,0	0,1	0,1	0,3	0,1	0,5	0,3	0,5	0,4	0,2	0,2	0,1			
760	Média	760	759	758	760	762	763	762	762	753	753	755	754	763	753	7
	σ	0,0	0,2	0,1	0,4	0,2	0,1	0,2	0,2	0,5	0,3	0,5	0,5			
800	Média	800	799	798	800	802	803	802	802	793	793	794	794	803	793	7
	σ	0,0	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1	0,4	0,2	0,0	0,1	0,1	0			

Na análise do gradiente térmico com a resistência maior, verifica-se também um desvio das temperaturas, para mais e para menos. Os desvios para valores superiores aos pretendidos também são desprezáveis, à semelhança do caso anterior. Os desvios para valores inferiores, neste caso, têm uma menor diferença quando comparados com os valores verificados com a resistência de 145 mm. Regista-se uma diferença de 6°C para o patamar de 750°C e uma diferença de 7°C para os patamares de 760°C e 800°C, Tabela 42.

Pela análise dos resultados encontrados em ambos os testes, pode ser verificado que o uso de resistências com menores larguras de banda traz variações maiores na distribuição da temperatura ao longo do tubo. Neste caso, registou-se uma diferença de 15°C. Considerando que este componente sujeito a ensaio é de pequena geometria e possui uma parede de espessura relativamente pequena, podemos dizer que em componentes com espessuras maiores, esta diferença pode ser maior.

Esta diferença de temperatura pode causar impactos relativamente grandes, principalmente se se estiver a trabalhar com temperaturas de revenido muito próximo do limite inferior. Nesse caso, podem existir zonas ao longo da periferia da ligação que não recebam a temperatura mínima, dando depois origem e que a microestrutura não fique com as características pretendidas, nesses locais. No caso da resistência de 310 mm, as diferenças de temperatura ao longo da periferia da ligação não demonstram grande alteração, apenas 7°C. No Gráfico 16 e no Gráfico 17 podemos ver a distribuição das temperaturas ao longo da periferia da ligação, onde se verifica que no Gráfico 17 as temperaturas, para além de terem uma menor diferença relativamente ao valor pretendido, também têm uma menor variação entre si, sendo que o seu perfil quase descreve uma reta. No Gráfico 16, resistência de 145 mm, encontra-se uma enorme variação.

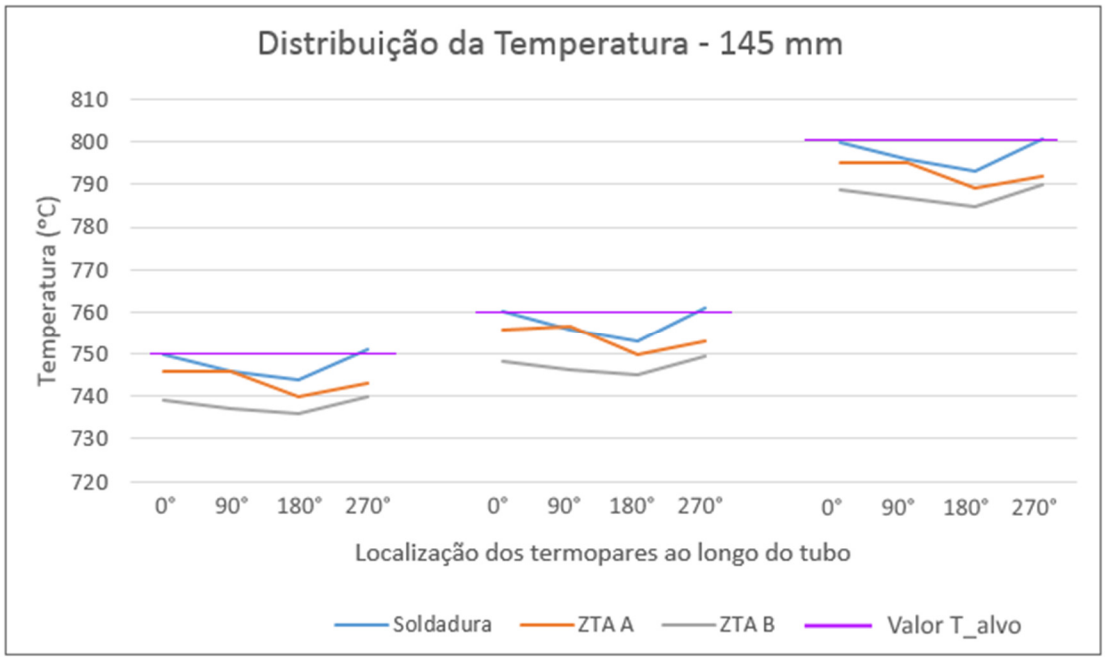


Gráfico 16 – Distribuição da temperatura usando a resistência de 145 mm, na periferia do tubo para a soldadura, ZTA A e ZTA B.

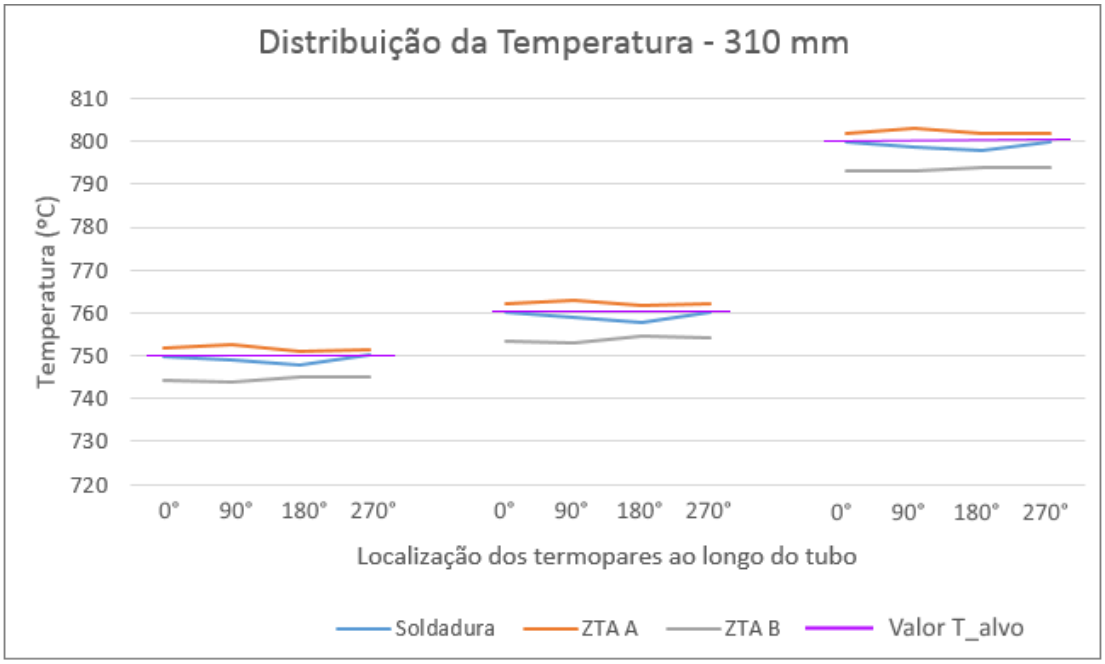


Gráfico 17 - Distribuição da temperatura usando a resistência de 310 mm, na periferia do tubo para a soldadura, ZTA A e ZTA B.

Este estudo do gradiente de temperatura serviu para comprovar aquilo que a literatura sugere, capitulo 2.2.2.8, sendo que assim foi realizado o estudo no componente utilizado neste trabalho, permitindo obter dados reais para este tipo de geometria.

3.4 Ensaios realizados para caracterização das juntas soldadas

3.4.1. Inspeção visual

A inspeção visual foi o primeiro ensaio a ser efetuado em cada teste. Começou por se efetuar um controlo do ângulo do chanfro, passando depois a ser realizado o controlo do desalinhamento dos tubo e, por fim, a medição da altura e largura do cordão de soldadura.

3.4.1.1. Equipamentos utilizados

Para a execução do ensaio por inspeção visual foram utilizados escantilhões que permitem realizar as operações de controlo como, por exemplo, medição do angulo do chanfro, altura e largura do cordão e o desalinhamento, Figura 140. No anexo XVI encontra-se um registo de todos os equipamentos utilizados tanto para a inspeção visual como para os restantes ensaios e outras tarefas efetuadas.



Figura 140 – Escantilhões utilizados na inspeção visual, à esquerda: Digital Weld gauge WG-100*,* ao centro*: V-WAC Gauge*, à direita: *Three-scale weld gauge* (APPinho, 2015).

3.4.1.2. Realização do ensaio

A técnica de ensaio utilizada, foi a inspeção Visual Direta Simples. No entanto, para a inspeção da soldadura no interior do tubo, a técnica utilizada foi a inspeção visual indireta com câmara de filmar. O ensaio foi executado de acordo com a Norma *ISO* 17637 (*Non-destructive testing of welds – Visual testing of fusion welds joints*), e o nível de aceitação foi considerado o C, de acordo com a Norma *EN* (*European Norm*) *ISO* 5817 (*Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys – Quality levels for imperfections*) [94, 95]. Para a classificação das imperfeições foi utilizada a Norma NP (Norma Portuguesa) *EN ISO* 6520-1 (Classificação de imperfeições em materiais metálicos, Parte 1: Soldadura por fusão) [96].

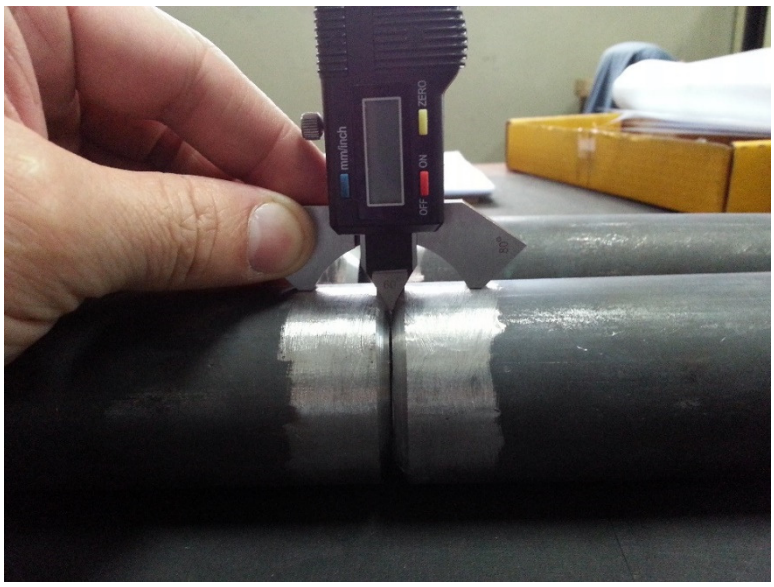


Figura 141 - Controlo do ângulo do chanfro usando o Digital Weld gauge WG-100, P_APP_T00 (APPinho, 2014).

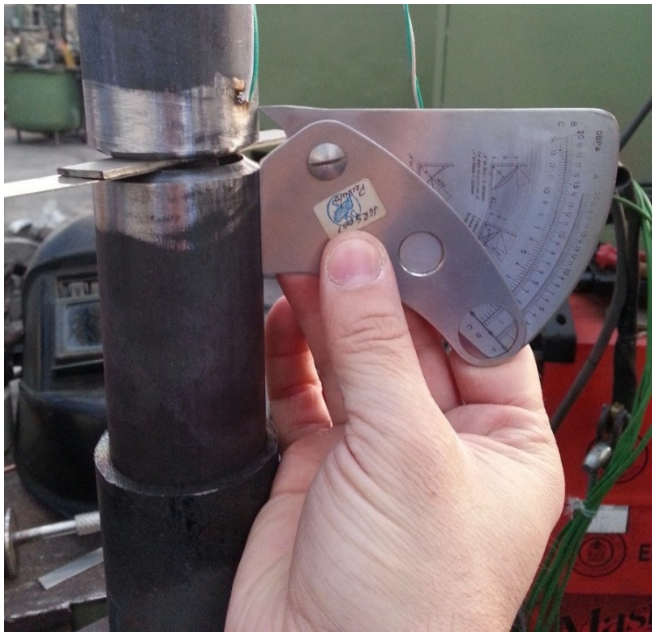


Figura 142 - Controlo do desalinhamento dos tubos utilizando um escantilhão de soldadura – *Three-scale weld gauge*, P_APP_T05 (APPinho, 2014).

Como já referido, o tipo de controlo a efetuar nesta soldadura, em termos visuais, é a medição do ângulo do chanfro, Figura 141, desalinhamento, Figura 142 e Figura 143, altura, Figura 144 e largura do cordão, Figura 145.

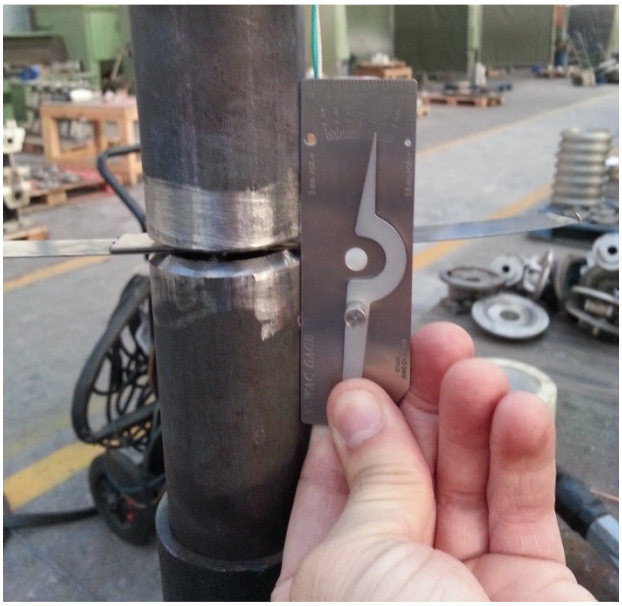


Figura 143 – Controlo de desalinhamento de soldadura utilizando um escantilhão de soldadura, *V-WAC Gauge*, P_APP_T05 (APPinho, 2014).

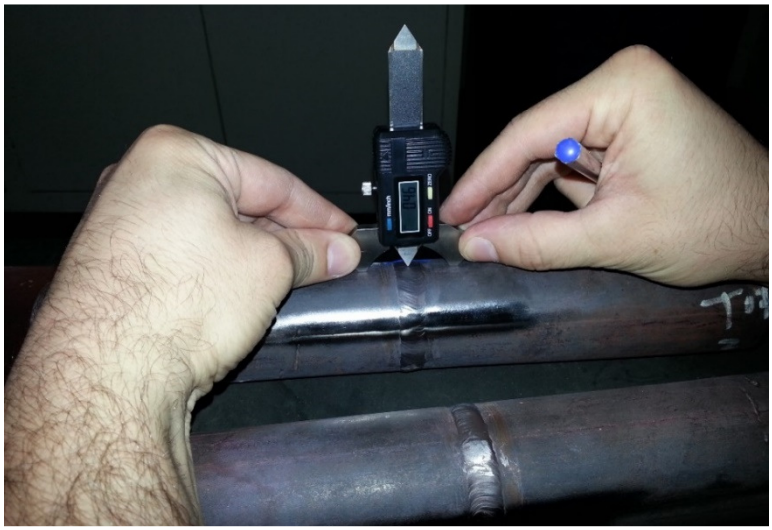


Figura 144 - Controlo de altura do cordão – *Digital Weld Gauge*, P_APP_T07 (APPinho, 2014).



Figura 145 - Controlo da largura do cordão, *V-WAC Gauge*, P_APP_T07 (APPinho, 2014).

Existem outros tipos de imperfeições que podem surgir e que podem ser detetadas por este tipo de inspeção, tais como porosidades superficiais, penetração incompleta na raiz, excesso de penetração, concavidade na raiz, entre outros referidos na NP *EN ISO* 6520-1 [96].

Destas imperfeições acima referidas, apenas surgiu a penetração incompleta na raiz. Esta descontinuidade foi detetada com a ajuda da câmara de filmar colocada no interior do tubo, Figura 146.

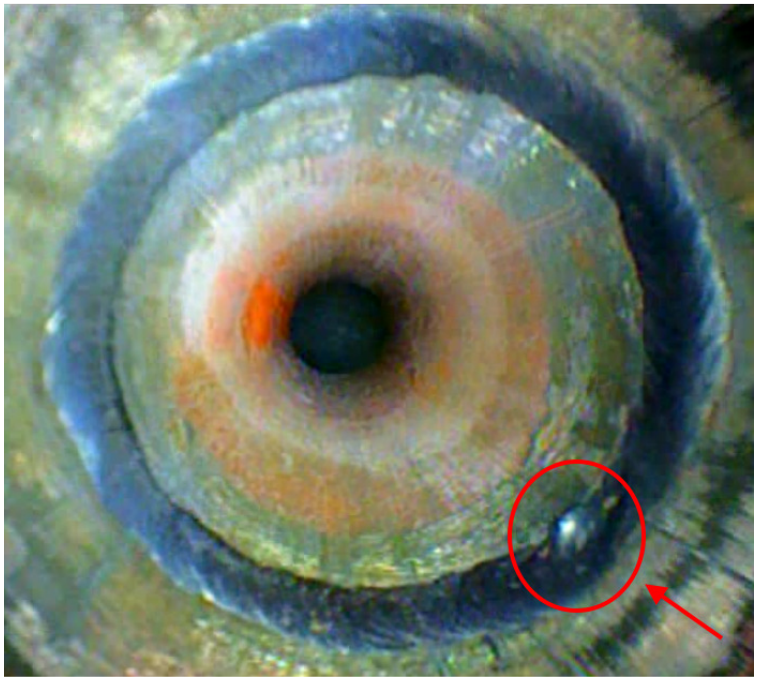


Figura 146 – Soldadura inspecionada com o auxílio de uma câmara de vídeo, P_APP_T07 (APPinho, 2014).

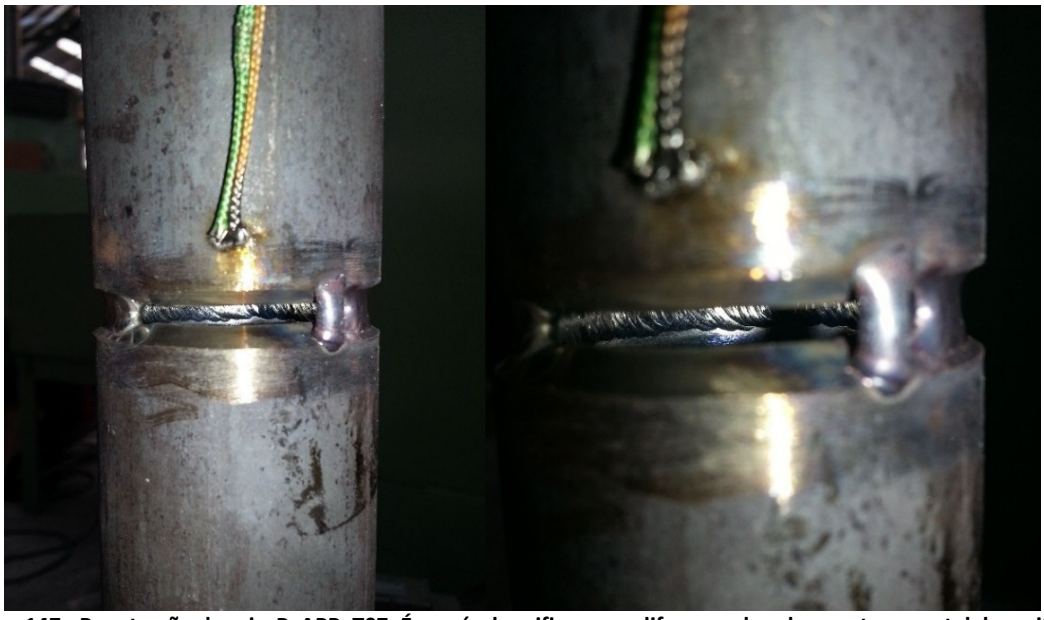


Figura 147 - Penetração da raiz, P_APP_T07. É possível verificar-se a diferença de relevo entre o metal depositado e o MB, sendo que neste caso tem uma boa penetração (APPinho, 2014).

Mesmo assim, não foi possível quantificar esta descontinuidade de forma a aplicar o critério de aceitação. A penetração incompleta da raiz é um problema que facilmente pode ser detetado pelo soldador e/ou inspetor, uma vez que no decorrer da operação pode ser visualizado o tubo pelo seu interior. Após se completar parte da soldadura do primeiro passe, deve-se confirmar, pelo interior, como ficou o vazamento, para que não se verifique o problema da falta de penetração, Figura 147. Caso não esteja correto, devem ser ajustados os parâmetros de soldadura. O próprio soldador, durante a operação também se vai apercebendo se os parâmetros são os mais corretos e se a penetração está a ser adequada.

Quando se está a iniciar a operação existe uma folga entre os dois tubos, o que origina a libertação do gás de purga ou a sua perturbação por correntes de ar, Figura 148. Um caudal de purga inadequado também tem influência nesta situação. Uma boa prática que pode ser adotada é colocar fita de alumínio a envolver cerca de metade da zona a soldar, deixando aberto a outra zona para colocação da tocha, e ir repetindo a tarefa até o primeiro passe estar completo, Figura 149. Esta operação impede que correntes de ar entrem para o interior do tubo, ou que o gás de purga possa sair para o exterior.

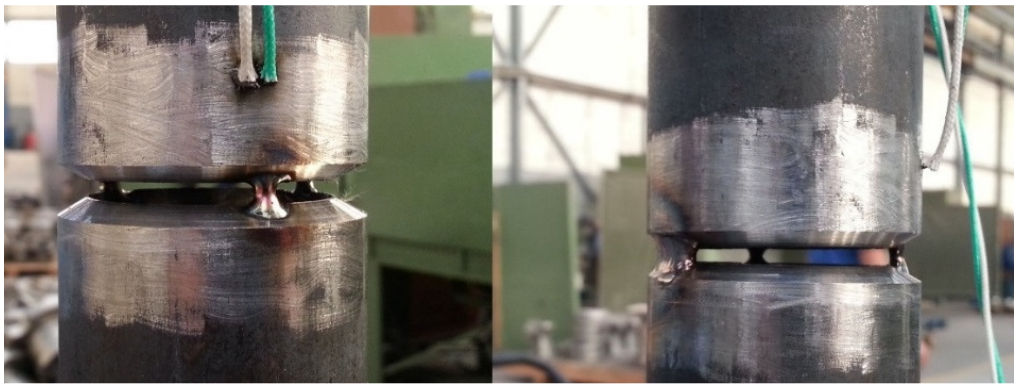


Figura 148 - Folga na raiz de 3 mm, necessária entre os tubos para que se obtenha uma penetração adequada (APPinho, 2014).

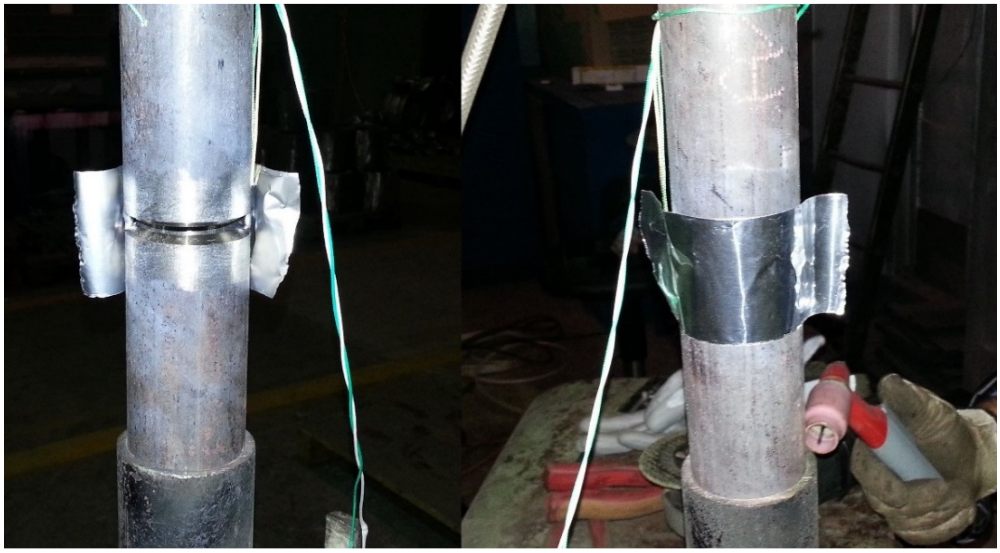


Figura 149 - Colocação de fita de alumínio para impedir a saída do gás de proteção do interior do tubo, P_APP_T10 (APPinho, 2014).

É importante referir que a falta de penetração ou penetração em excesso da raiz é considerada uma imperfeição da soldadura, que pode ser considerada como defeito, caso esteja fora dos valores definidos pelas normas aplicáveis.

Este tipo de descontinuidade também foi detetado no ensaio por raio-X, sendo que neste caso é depois avaliada pelos critérios de aceitação do referido ensaio. Em aplicações industriais esta situação pode ser grave e muito dificilmente é aceitável. No entanto, para este trabalho não representa problema, pois após o corte do tubo para extração das amostras, apenas foram selecionadas as zonas que tinham penetração adequada para se poderem realizar os ensaios em conformidade.

Em termos de sequência, este ensaio foi realizado efetuando-se primeiro o controlo do ângulo do chanfro. Depois, já durante a operação de "pingagem" dos tubos, foi realizado o controlo do alinhamento. As medições da altura e largura da soldadura foram realizadas após a realização da soldadura, com os devidos cuidados, pois a peça está ainda a alta temperatura, o que não impede a realização das medições. A análise da penetração com a ajuda da câmara de vídeo foi efetuada após o tratamento térmico. Após concluídas todas estas etapas, já com a soldadura à temperatura ambiente, foi efetuada uma inspeção visual cuidada, garantindo assim a ausência de imperfeições. Na Tabela 43, encontram-se registados os critérios de aceitação e os valores medidos da largura e altura da soldadura, assim como da ausência e excesso de penetração. Nestes últimos, ausência e excesso de penetração, não foram efetuadas as medições.

Tabela 43 - Critérios de aceitação, Norma *EN ISO* 5817 [95].

	Imperfeições			
	Excesso de metal depositado (altura).	**Largura**	**Penetração incompleta na raiz**	**Excesso de penetração**
Critério de aceitação: Nível C *EN ISO* 5817	h ≤ 1 mm + 0,15 x largura cordão, mas com máximo de 7 mm.	Não referido na Norma	Não permitido	h ≤ 1 mm + 0,6 x largura do cordão, mas com máximo de 4 mm.

No caso da altura, a Norma apenas estabelece critérios para os valores máximos. No caso em que o cordão, na face, não ultrapassa a espessura do MB, designa-se por falta de enchimento, sendo que esta situação não foi encontrada em nenhum teste realizado. Para a largura, a norma não define nenhum critério de aceitação. No entanto, este valor da largura é utilizado para avaliação do excesso de metal depositado. Em relação à penetração na raiz, por se tratar de um defeito grave, a norma não permite a presença deste tipo de imperfeição. Para o excesso de penetração já admite valores, no entanto, esta situação não foi encontrada em nenhum caso.

Na Tabela 44, encontram-se registadas as medições realizadas na soldadura dos testes para a avaliação do excesso do metal depositado. No anexo XXII encontram-se os relatórios de inspeção visual realizados a todos os testes.

Tabela 44 - Registo de medições na Inspeção Visual.

Teste	Excesso metal depositado (mm)	Largura (mm)	Teste	Excesso metal depositado (mm)	Largura (mm)
P_APP_T00	0,54	10	**P_APP_T06**	0,92	10
P_APP_T01	1,09	12	**P_APP_T07**	0,65	11
P_APP_T02	0,94	12	**P_APP_T08**	0,53	10
P_APP_T03	1,07	12	**P_APP_T09**	0,43	12
P_APP_T04	0,98	12	**P_APP_T10**	0,43	12
P_APP_T05	0,70	10			

3.4.2. Análise por líquidos penetrantes

O ensaio por líquidos penetrantes foi também um ensaio escolhido para a avaliação do estado da ligação. Este ensaio apenas deteta descontinuidades superficiais, ou seja, que estejam em contato direto com a superfície. É muito utilizado nas soldaduras por ser comum o aparecimento de fissuração. No entanto, esta técnica também permite detetar outro tipo de imperfeições presentes nas soldaduras, tais como poros ou bordos queimados, entre outros.



Figura 150 - Produtos utilizados no ensaio por líquidos penetrantes, líquido de limpeza, penetrante e revelador (APPinho, 2015).

3.4.2.1. Equipamentos utilizados

Para a realização deste ensaio foram necessários três produtos diferentes, o líquido de limpeza (MR 79), para limpeza da superfície e remoção do líquido penetrante, o líquido penetrante (MR 68 C) e o líquido revelador (MR 70), para revelação do ensaio, Figura 150. Neste caso, os produtos foram aplicados por aspersão, *spray*, da marca MarkeR.

3.4.2.2. Realização do ensaio

A norma utilizada para a realização do ensaio foi a NP *EN* 571-1 *(Ensaios não destrutivos – Ensaios por líquidos penetrantes – Parte 1: Princípios gerais)* e para o critério de aceitação foi usada a norma *EN ISO* 23277 *(Non-destructive testing of welds — Penetrant testing of welds — Acceptance level*s) [97, 98].



Figura 151 – Ensaio por líquidos penetrantes ao chanfro, P_APP_T01. Na imagem é possível analisar o resultado do ensaio, onde se pode verificar-se a ausência de qualquer descontinuidade (APPinho, 2014).

Como já referido anteriormente, este ensaio foi executado em todos os testes, sendo que começou logo por ser empregue na avaliação do estado do chanfro. Muitas vezes o material de base apresenta determinado tipo de imperfeições, que podem ter sido introduzidas pelo processo de transformação do material, como por exemplo laminagem no caso de chapas, ou pelo mandril no caso dos tubos. No entanto, também podem surgir problemas na fase de corte do tubo, caso não tenha sido usado refrigeração. Ao se efetuar o ensaio na secção transversal do tubo, chanfro, permite detetar a existência de imperfeições, que podem colocar em causa a integridade da ligação, Figura 151.

Decorridas 48 horas após o tratamento térmico, voltou-se a aplicar o ensaio, mas neste caso para avaliação de toda a zona de soldadura, metal depositado, ZTA e MB próximo da ZTA. Este ensaio, neste tipo de materiais, como já referido na revisão bibliográfica, capítulo 2.2.2.2., tem que ser realizado 48 horas após o tratamento térmico, devido a ser um material onde pode surgir fissuração a frio. Então, todos os ensaios que têm como função verificar a integridade da ligação, só poderão ser realizados após decorrido esse período, Figura 152 e Figura 153. Nos testes P_APP_T02 e P_APP_T03, foram também utilizados líquidos penetrantes antes do tratamento térmico. Como estas testes estiveram cerca de 6 meses a aguardar o revenido, podia ter sido possível o aparecimento de algum tipo de descontinuidades e/ou imperfeições pela realização tardia do tratamento, uma vez que ficam remanescentes tensões internas na zona de soldadura.



Figura 152 - Aplicação do penetrante na realização do ensaio por líquidos penetrantes no teste P_APP_T01 (APPinho, 2014).



Figura 153 – Resultado do ensaio por líquidos penetrantes no teste P_APP_T01 (APPinho, 2014).

O ensaio foi também utilizado na região sujeita a dobragem, nas amostras que foram submetidas a este ensaio. Esta prática nem sempre é realizada, pois caso a amostra não resista aos esforços de tração e compressão provocados pela dobragem, surgem descontinuidades que são facilmente detetadas pelo olho humano. No entanto, a aplicação dos líquidos penetrantes permitiu a confirmação do resultado, Figura 154 e Figura 155.



Figura 154 - Aplicação do penetrante nas amostras sujeitas ao ensaio de dobragem do teste P_APP_T04 (APPinho, 2014).

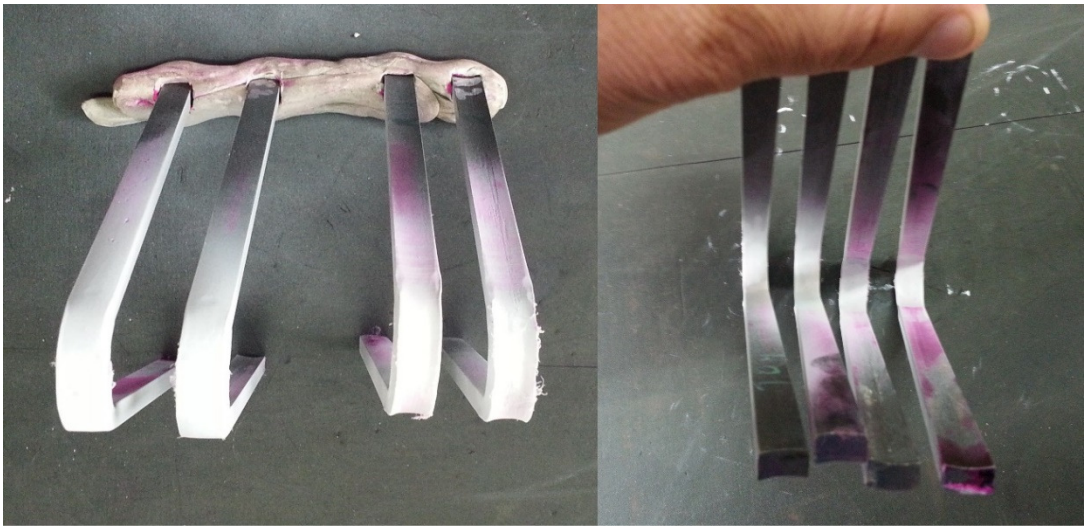


Figura 155 - Resultado do ensaio de líquidos penetrantes nas amostras sujeitas ao ensaio de dobragem do teste P_APP_T04 (APPinho, 2014).

Em todos os ensaios de líquidos penetrantes realizados, quer no chanfro, quer na soldadura, e por fim nas dobragens, não foram detetadas quaisquer descontinuidades/imperfeições. Todos os relatórios relativos ao ensaio de líquidos penetrantes estão no anexo XIX, anexo XX e anexo XXI.

3.4.3. Análise da junta por raios-X

O ensaio de raio-X foi mais um ensaio utilizado para a avaliação da junta soldada. Ao contrário do ensaio anterior, este permite a deteção de descontinuidades internas e também avaliar o estado da penetração na raiz. No entanto, não permite detetar descontinuidades superficiais ou colagens.

3.4.3.1. Equipamentos utilizados

Para o ensaio de raios-X foram utilizados dois equipamentos diferentes, um equipamento digital e uma fonte convencional. A máquina digital é da marca RAYZORXPRO – XR3 com uma fonte 270 kVA, enquanto o equipamento convencional é da marca ICM com uma fonte de 300 kVA, Figura 156. O equipamento digital foi apenas usado no teste P_APP_T01, mas nos restantes testes foi decidido usar-se o equipamento convencional, porque com este se consegue uma radiografia com melhor contraste, permitindo assim ver com mais nitidez a zona de soldadura.



Figura 156 – Equipamentos de raios-X utilizados no ensaio, à esquerda fonte convencional, à direita fonte digital (APPinho, 2015).

3.4.3.2. Realização do ensaio

O ensaio de raio-X foi realizado de acordo com o código *ASME* e a avaliação dos resultados também seguiu os mesmos critérios, *ASME IX - QW-191.1.2* [89]. O raio-X foi realizado 48 horas após o tratamento térmico, pelos motivos já descritos anteriormente, com execução dos testes P_APP_T02 e P_APP_T03, onde foi realizado raio-X antes e depois do tratamento térmico. Foram retiradas duas radiografias para que se pudesse cobrir toda a periferia da soldadura. No mesmo filme estão os dois tubos, que estão marcados com a posição 1, Figura 157.



Figura 157 - Pelicula de Radiografia na posição 1 ao teste P_APP_T07 (APPinho, 2014).

Como se pode verificar na radiografia, nas extremidades do filme, não é possível captar a soldadura, por esse motivo foi necessário efetuar a radiografia numa outra posição, posição 2, Figura 158. As extremidades que não são visíveis na radiografia da posição 1, podem ser vistas na posição 2.



Figura 158 - Pelicula de Radiografia na posição 2 ao teste P_APP_T07 (APPinho, 2014).

Para uma realização correta do ensaio, devem-se fazer as devidas marcações nos tubos da posição 1 e 2, para que depois, caso se detetem descontinuidades, estas possam ser localizadas. Esta operação é muito importante em raio-X. Tirou-se a primeira radiografia e depois rodou-se o tubo cerca de 45° para a posição 2, Figura 159.



Figura 159 – Verificação da marcação das posições de raio-X ao teste P_APP_T07 (APPinho, 2014).

Nos ensaios de raio-X realizados aos testes efetuados, foram detetados em alguns casos irregularidades no cordão de soldadura, mais concretamente na raiz da soldadura. Este problema de falta de penetração na raiz, já foi referido anteriormente, sendo que de acordo com o procedimento interno da empresa ARSOPI, S.A., para realização do ensaio de raios-X, esta imperfeição não é aceitável. No entanto, as irregularidades no cordão podem ser aceitáveis, desde que essa irregularidade não seja provocada por uma falta de penetração na raiz. Se for provocada por um excesso de penetração, pode ser aceitável desde que esta esteja dentro dos limites impostos pela norma.

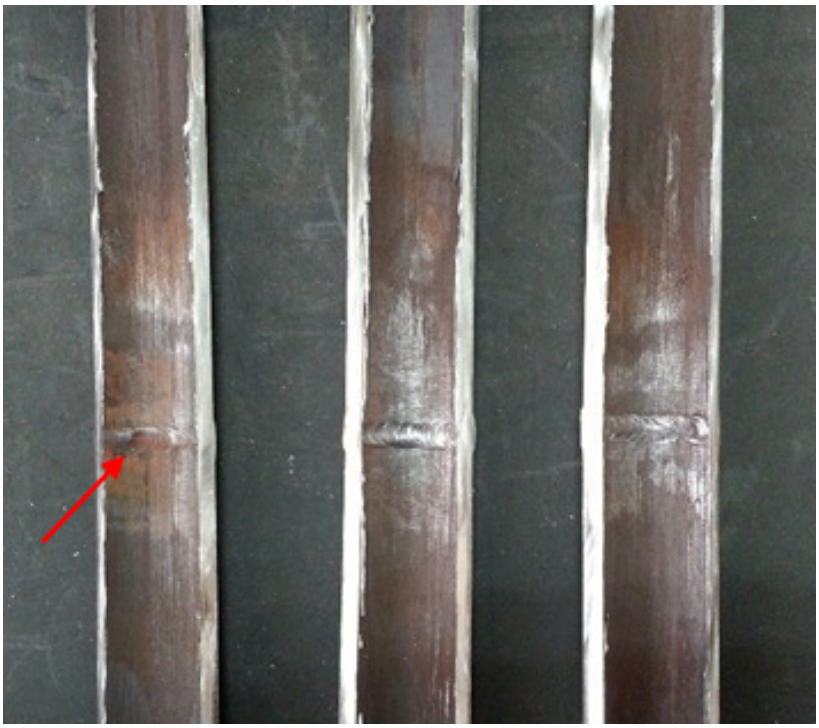


Figura 160 – Seleção das amostras. Na amostra extraída do tubo, lado esquerdo, pode verificar-se falta de penetração na raiz, logo foi rejeitado. Nas outras duas amostras, a penetração está conforme (APPinho, 2014).

No entanto, como não foram detetados outros tipos de problemas, tais como inclusões e/ou fissuras, procedeu-se à aprovação do ensaio, sendo que depois se fez uma escolha cuidada das amostras para a avaliação das propriedades pretendidas, eliminando as zonas de falta de penetração na raiz, Figura 160.

O que define as diferenças entre a aceitação/rejeição são os códigos de construção, normas e especificações do cliente. Neste caso, foi tido como referência um documento interno da empresa, como já referido, que está elaborado de forma a respeitar os requisitos estabelecidos pelo *ASME Code Sections I, V, VIII Div. 1 e 2, ASME B31.1* [65, 99-102]. Os relatórios de raio-X podem ser consultados no anexo XXIII.

3.4.4 Análise da dureza na junta e zonas adjacentes

A medição de dureza é um ensaio muito importante, sendo utilizado muitas vezes na indústria como controlo de juntas soldadas em muitos materiais. A dureza permite avaliar se o tratamento térmico teve ou não o efeito pretendido. Combinado com a análise da microestrutura, a medição de dureza é uma ferramenta muito importante para avaliar a integridade de uma junta soldada, tanto após o fabrico, como na fase de serviço dos equipamentos. Para o aço de grau 91, a dureza deve estar compreendida entre 200-275 HV, sendo que valores fora deste intervalo representam a rejeição do componente, capítulo 2.2.2.8.

Neste trabalho, a dureza foi medida com recurso a um equipamento portátil e também com equipamento de laboratório. Foram realizadas medições na face da soldadura, secção longitudinal, e na secção transversal da soldadura. Foi também realizada uma outra medição de dureza, também na secção transversal da soldadura, mas neste caso para identificação e localização de pontos macios, "*soft spots*". Estes métodos de medição em laboratório fornecem resultados mais confiáveis, quando comparados com o durómetro portátil.

3.4.4.1 Dureza superficial

3.4.4.1.1. Equipamentos utilizados

O equipamento utilizado para a realização deste ensaio foi um durómetro portátil da marca Krautkramer – MIC 10 com a sonda MIC 205-A, Figura 161. Este aparelho permite efetuar medições na escala Vickers, sendo que depois tem a capacidade de converter o resultado para as escalas Brinell e Rockwell. A carga necessária para realização do ensaio varia de acordo com o tipo de sonda utilizado, sendo neste caso necessária a aplicação de uma carga, de 5 kgf (49 N). O penetrador é de diamante com um ângulo de 136° entre as faces de uma pirâmide quadrangular.



Figura 161 – Durómetro portátil, Krautkramer – MIC 10, utilizado no ensaio de dureza (APPinho, 2015).

3.4.4.1.2. Realização do ensaio

Como já referido, foi realizado o controlo de dureza dos testes no final do tratamento térmico, revenido, exceto nos testes P_APP_T02 e P_APP_T03, onde foi realizado um controlo de dureza antes e após tratamento térmico. O ensaio foi realizado de acordo com a norma da ASTM E110 (*Standard test method for indentation hardness of metallic materials by portable hardness testers*) [103].

Para se efetuar este teste, é necessário preparar a superfície da zona a ensaiar. Quanto mais cuidada for essa preparação, mais precisos são os valores registados. A preparação foi realizada com uma rebarbadora, utilizando um disco que permite um acabamento superficial satisfatório,

Figura 162 e Figura 163. Esta etapa é muito importante, pois há casos onde se utilizam discos de lixa de grão 100 (*mesh*), sendo que nesse caso a rugosidade superficial é por vezes elevada, logo os valores são influenciados pelos picos presentes na superfície. Esses picos devem ser eliminados recorrendo a polimentos da superfície mais rigorosos.

No entanto, em ambiente industrial essa preparação superficial nem sempre é possível. Neste trabalho, o disco utilizado para a preparação da superfície foi o "*Vortex Rapid Finish*" que permite um bom acabamento superficial, quando comparado com o que geralmente se usa na indústria.

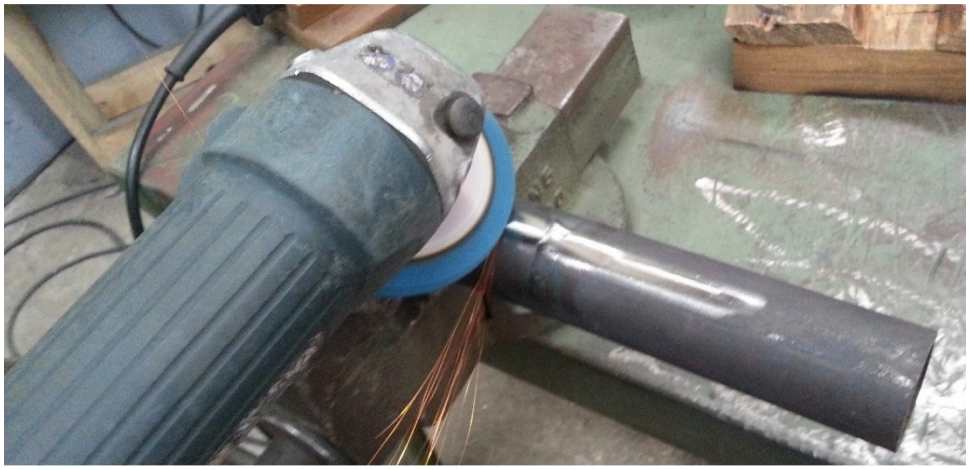


Figura 162 - Preparação da superfície de ensaio com um disco "*Vortex Rapid Finish*" no teste P_APP_T08 (APPinho, 2014).

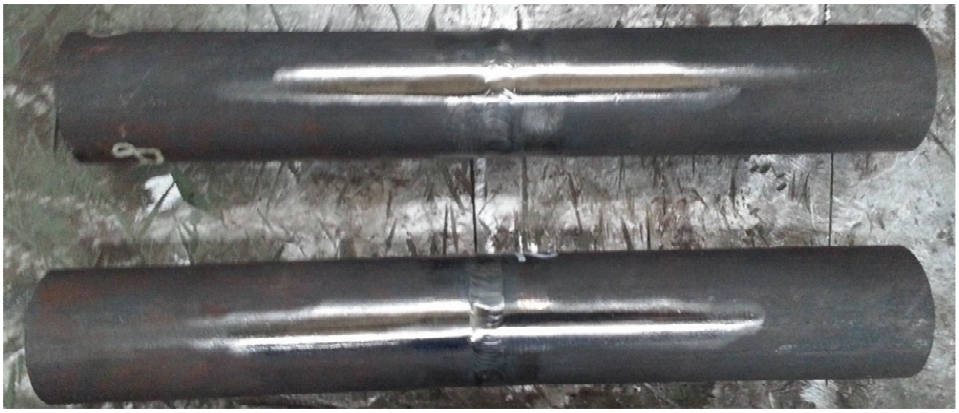


Figura 163 – Superfície após preparação no teste P_APP_T08 (APPinho, 2014).

Para um melhor esclarecimento, frisando a importância desta preparação superficial, foi realizada uma medição de rugosidade à superfície dos tubos, Figura 164, com uma preparação efetuada com um disco de lixa com granulometria 100, e outra medição com uma preparação realizada com o disco "*Vortex Rapid Finish*", Figura 165. Os valores da medição de rugosidade encontram-se na Figura 166. Esta comparação tem uma importância relevante, pois é comum, na indústria, a utilização de discos de polir com o tamanho de grão referido, ou ainda mais grosseiros, que depois têm influência nos resultados.



Figura 164 - Medição da rugosidade no teste P_APP_T01 (APPinho, 2014).

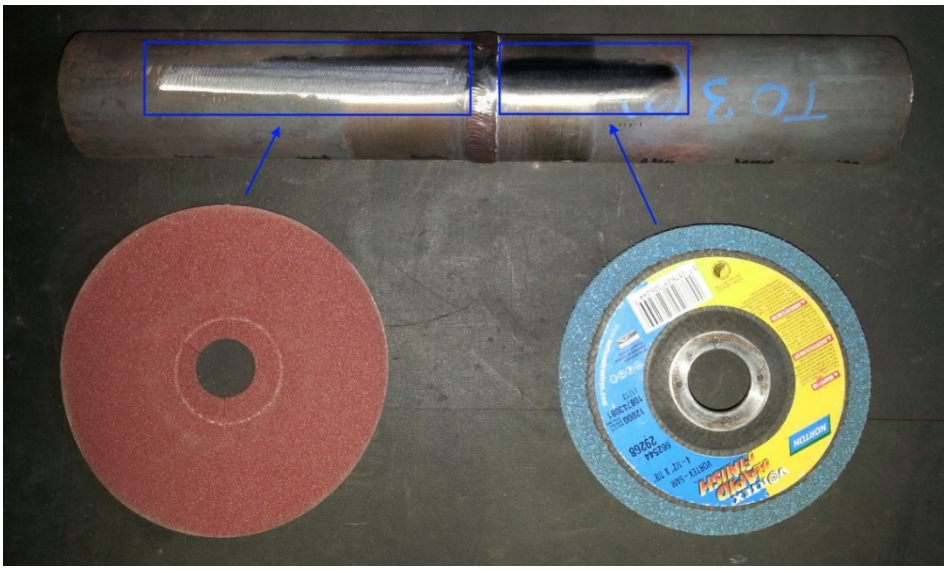


Figura 165 - Discos utilizados para polimento superficial. Disco de grão 100, esquerda, disco "*Vortex Rapid Finish*", direita (APPinho, 2014).

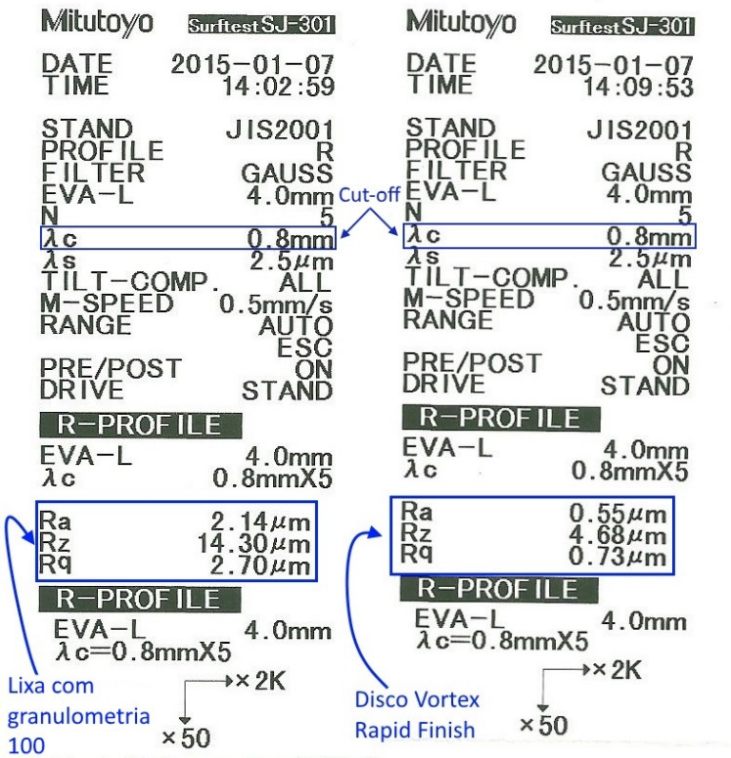


Figura 166 – Registo de medição de rugosidade, P_APP_T01 (APPinho, 2015).

Como pode ser observado nos resultados, Figura 166 e Figura 167, o disco "*Vortex*" possibilita um acabamento superficial muito mais fino do que o disco de lixa com granulometria 100. Isto significa que as medições vão ser muito mais precisas, uma vez que a superfície de ensaio está com um acabamento mais rigoroso.

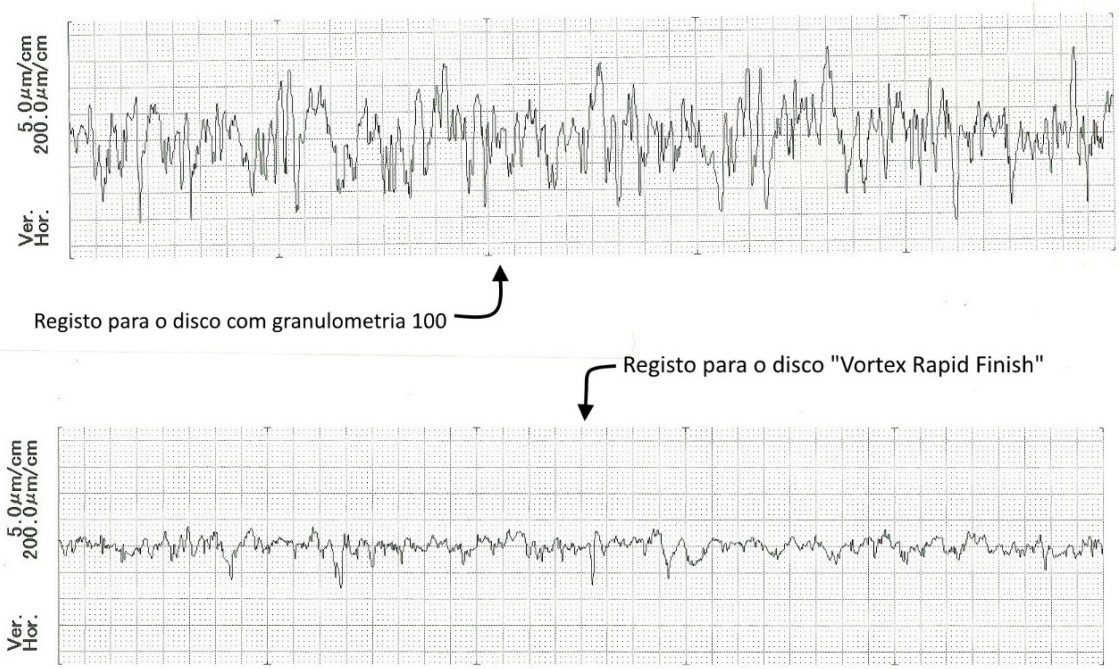


Figura 167 - Gráficos de perfil de rugosidade nos ensaios efetuados para comparação dos diferentes polimentos (APPinho, 2015).

Após estudo comparativo entre as duas preparações superficiais, procedeu-se à medição da dureza, Figura 168, sendo que os valores registados se encontram na Tabela 45. Para uma melhor compreensão dos resultados, foi também realizado um gráfico, Gráfico 18. Foram realizadas três medições em cada parte da ligação, MB1, ZTA1, MF, ZTA2 e MB2.



Figura 168 – Realização da medição de dureza no teste P_APP_T00 (APPinho, 2014).

Tabela 45 - Valores das medições de dureza em Vickers. A cinzento representa as medições de dureza nos testes antes do tratamento térmico.

		Durezas HV - Durómetro Krautkramer - MIC 10 Nr. 34101-3449														
		MB			ZTA			MF			ZTA			MB		
Teste	Tubo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
P_APP_T00	1	203	210	211	260	269	280	332	339	362	295	284	282	209	200	196
	2	205	214	200	257	266	292	361	381	361	307	292	291	211	217	232
P_APP_T01	1	200	228	206	183	198	175	258	249	252	224	244	234	218	214	194
	2	191	201	170	183	223	227	221	240	252	199	172	177	181	185	181
P_APP_T02A	1	228	200	227	267	268	265	331	335	326	266	275	253	208	204	205
	2	203	204	208	258	254	298	317	338	312	295	290	288	222	226	221
P_APP_T02	1	177	179	190	187	198	199	228	227	241	179	174	185	201	199	191
	2	180	187	182	189	188	197	219	226	231	187	186	186	202	196	198
P_APP_T03A	1	211	190	210	286	272	313	321	300	327	280	285	284	228	218	190
	2	198	213	201	278	279	294	316	303	292	307	282	289	212	195	193
P_APP_T03	1	185	175	173	170	187	191	220	220	241	231	189	187	176	178	191
	2	186	170	177	174	186	189	219	216	244	233	165	151	165	173	181
P_APP_T04	1	188	175	181	225	231	217	220	222	203	198	189	185	188	176	188
	2	200	191	193	215	209	200	201	206	195	189	199	189	171	176	203
P_APP_T05	1	185	175	176	189	174	168	175	177	186	185	182	172	178	179	186
	2	187	211	188	199	191	189	203	211	210	203	215	189	197	200	186
P_APP_T06	1	204	201	185	241	223	219	202	203	210	209	195	188	200	192	176
	2	187	200	204	194	186	189	204	206	215	200	203	191	199	201	202
P_APP_T07	1	200	197	204	201	203	196	219	218	232	206	192	202	210	194	207
	2	182	193	200	194	181	185	206	210	208	193	194	192	194	187	194
P_APP_T08	1	192	193	184	194	185	189	217	205	208	183	192	184	195	188	196
	2	201	197	200	204	198	202	219	225	200	197	196	193	194	193	192
P_APP_T09	1	199	202	197	209	207	205	224	215	249	211	206	213	197	213	201
	2	189	190	199	199	205	216	221	228	207	201	193	200	191	198	189
P_APP_T10	1	191	214	205	207	215	220	217	238	248	204	209	213	205	198	188
	2	190	203	191	218	239	235	234	220	211	197	199	194	191	193	199

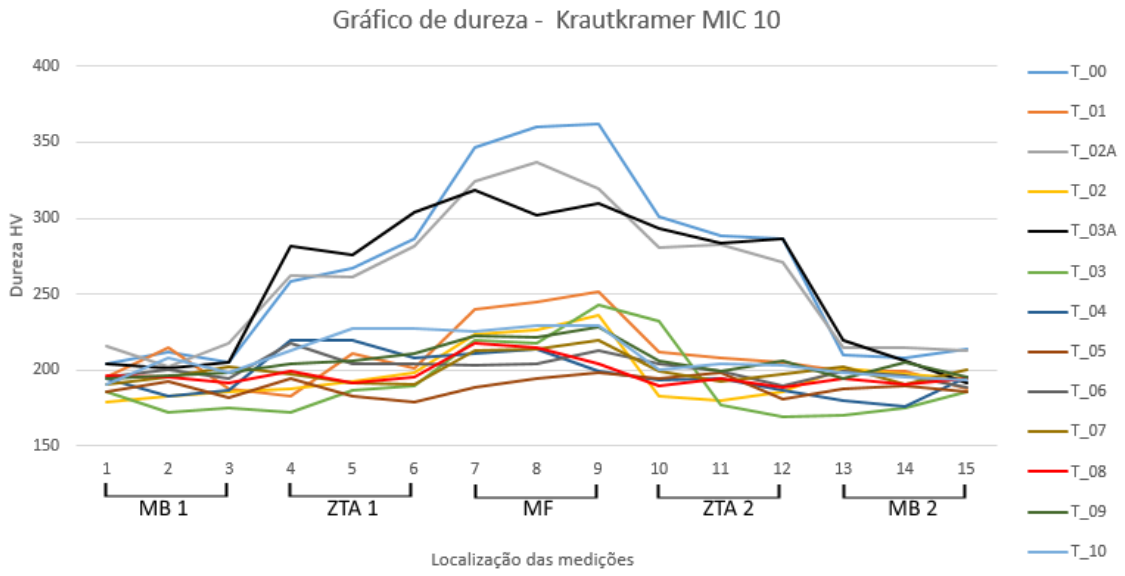


Gráfico 18 - Medição de dureza superficial.

O gráfico foi realizado com a média dos valores que foram registados para cada teste. Cada teste foi composto por dois tubos, sendo que a dureza foi registada nos mesmos. No entanto, para simplificar a interpretação, optou-se por apresentar os resultados dessa forma. No anexo XVII encontram-se os registos de dureza à superfície, bem como a média e o desvio padrão para cada teste.

Os testes P_APP_T02 e P_APP_T03 estiveram cerca de meio ano a aguardar que fosse realizado o revenido. Portanto, foi realizada uma medição de dureza antes do tratamento térmico. Na legenda do Gráfico 18 e Tabela 46, a letra A representa o teste antes de tratamento térmico. Verifica-se, como seria de esperar, que os testes sem tratamento térmico, P_APP_T00, P_APP_T02, e P_APP_T03, apresentam valores mais elevados na ZTA e MF. Estes valores são perfeitamente normais, uma vez que a martensite não está revenida, sendo que nessa situação é bastante dura.

Tabela 46 – Dureza superficial (HV), média e desvio padrão dos valores – MB1, ZTA1, MF, ZTA2, MB2.

Teste	MB1	ZTA1	MF	ZTA2	MB2
P_APP_T00	207	271	356	292	211
	5	12	16	8	12
P_APP_T01	199	198	245	208	196
	17	20	12	28	15
P_APP_T02A	212	268	327	278	214
	11	14	9	15	9
P_APP_T02	183	193	229	183	198
	5	5	7	5	4
P_APP_T03A	204	287	310	288	206
	8	14	12	9	14
P_APP_T03	178	183	227	193	177
	6	8	11	31	8
P_APP_T04	188	216	208	192	184
	8	10	10	5	11
P_APP_T05	187	185	194	191	188
	12	11	15	14	8
P_APP_T06	197	209	207	198	195
	8	20	5	7	9
P_APP_T07	196	193	216	197	198
	7	8	9	5	8
P_APP_T08	195	195	212	191	193
	6	7	9	5	3
P_APP_T09	196	207	224	204	198
	5	5	13	7	8
P_APP_T10	199	222	228	203	196
	9	11	13	7	6

A dureza dos testes P_APP_T02 e P_APP_T03, após o tratamento térmico, baixou para valores normais. O teste P_APP_T00 não foi sujeito a tratamento térmico, logo, pelas medições de dureza registadas, podíamos reprovar de imediato este teste, colocando assim a soldadura como inaceitável. Os restantes testes apresentam valores tipicamente normais para esta ligação, sendo que se nota um acréscimo da dureza na ZTA e depois no MF.

No MB, por vezes foram registados valores inferiores a 200 HV. No entanto, como já referido, este método de medição tem sempre algumas falhas, que depois se traduzem em leituras menos precisas, as quais por vezes podem atingir diferenças na ordem dos 40 HV, quando comparados por exemplo com as microdurezas realizadas em laboratório. De qualquer forma, em relação ao teste P_APP_T00, este não deixa dúvidas que é uma soldadura com um procedimento inadequado devido aos elevados valores de dureza apresentados, os quais se devem claramente à ausência de revenido. Recorre-se ao equipamento portátil para a realização deste teste em âmbito industrial única e simplesmente para aceitar/rejeitar os componentes numa fase prévia. De certa forma, permite verificar se o tratamento térmico teve o devido efeito, o que se reflete nos valores da dureza. Todos os relatórios referentes à medição de dureza superficial com o equipamento portátil poderão ser encontrados no anexo XXIV.

3.4.4.2 Microdureza medida na secção transversal – MF/ZTA/MB

3.4.4.2.1. Equipamentos utilizados

A microdureza tem uma função importante na avaliação da integridade de uma junta soldada. Permite obter o valor da dureza no MB, ZTA e MF, na secção transversal. A marca do equipamento utilizado é Shimadzu e o modelo HSV-20, Figura 169. Como já referido na parte teórica deste relatório, o valor da dureza deve estar compreendido entre os 200 – 275 HV. O equipamento permite medir dureza na escala Vickers, numa gama de cargas de 0,1 gf (0,00098 N) até 20 kgf (196,1 N). Também é possível fazer medições pelo método Knoop. Para uma melhor precisão do valor de dureza medido, é necessário o polimento da amostra semelhante ao polimento utilizado na micrografia.



Figura 169 - Microdurómetro Shimadzu HSV-20 (APPinho, 2014).

3.4.4.2.2. Realização do ensaio

Nesta fase, foi realizada a medição de dureza na secção transversal da ligação. Para o efeito, foi extraída uma amostra e procedeu-se à sua preparação. A preparação é semelhante à da análise macrográfica e micrográfica, ou seja, polimento da amostra começando com um disco de lixa de granulometria 80, passando por 220, 310, 500 e por fim um disco de 1000, Figura 170. A seguir, fez-se um acabamento com pasta de diamante e ataque da amostra com um reagente denominado *Vilella,* Figura 171*,* que é composto por ácido clorídrico, 5 ml, + ácido pícrico, 2 g, + álcool etílico ou metílico,100 ml. Nesta etapa, o pretendido com o ataque é apenas identificar as regiões de soldadura, MF, ZTA e MB.

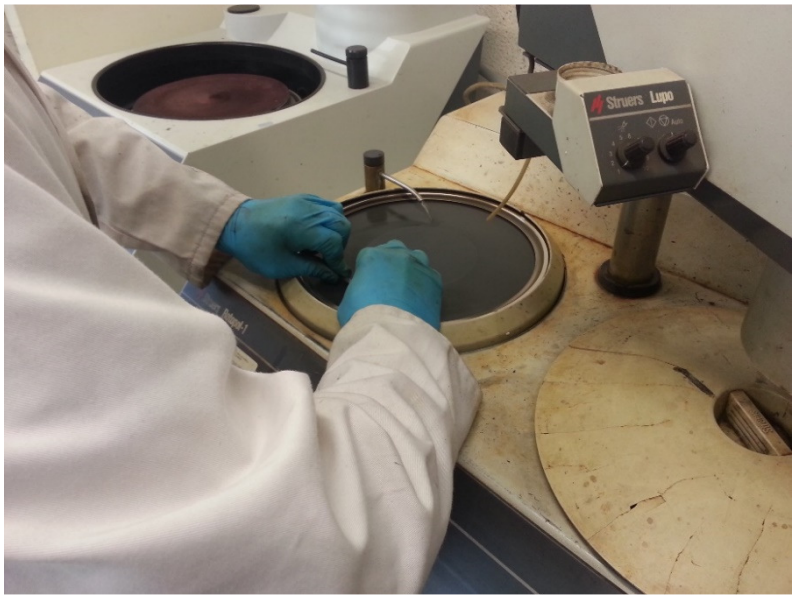


Figura 170 – Polimento das amostras para medição de microdureza, macrografia e micrografia (APPinho, 2014).



Figura 171 – Ataque da amostra para identificação das regiões de soldadura com o reagente *Vilella* (APPinho, 2014).

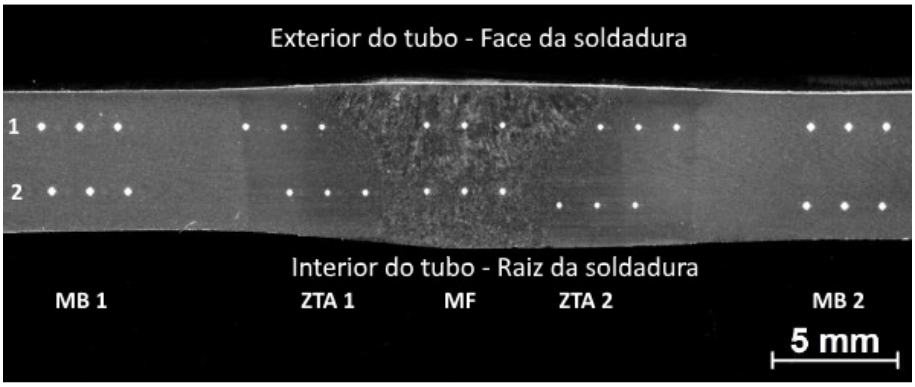


Figura 172 – Medição de dureza, teste P_APP_T00 (ISQ, 2014).

Este ensaio foi realizado pelo ISQ, utilizando para o efeito um microdurómetro com uma carga de 10 kgf (98,1 N), HV10, segundo a Norma NP *EN* 1043-1 (Ensaio de dureza das ligações soldadas por arco) [104]. Foram realizadas medições de dureza segundo duas filiações, Figura 172. É cientificamente reconhecido que o ensaio de microdureza em laboratório é um método mais preciso, sendo que os valores são mais confiáveis, uma vez que a preparação da superfície é muito mais cuidada e o aparelho de medida mais sensível. Na Tabela 47, encontram-se os valores registados para todos os testes.

Tabela 47 - Valores das medições de microdureza HV10. A cor verde representa o valor mínimo registado, em cada teste e em cada filiação e a cor azul representa o valor mais elevado.

		Durezas HV 10																
		MB			ZTA			MF			ZTA			MB			Limites	
Teste	Filiação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Máx.	Mín.
P_APP_T00	1	231	229	229	328	422	439	385	401	422	450	454	395	237	236	233	454	229
	2	234	232	231	422	464	456	411	409	397	447	462	424	225	227	229	464	225
P_APP_T01	1	212	217	214	217	238	275	249	266	250	256	222	211	220	217	219	275	211
	2	219	231	219	228	236	256	253	249	253	240	227	222	216	218	215	256	215
P_APP_T02	1	219	220	221	225	237	280	279	279	271	270	230	227	224	221	225	280	219
	2	224	225	223	223	240	247	262	271	272	270	240	242	224	222	221	272	221
P_APP_T03	1	220	223	222	221	239	281	273	269	261	270	232	217	226	227	228	281	217
	2	224	226	226	223	239	257	262	271	262	260	240	232	224	224	222	271	222
P_APP_T04	1	219	217	217	223	242	281	272	282	281	286	242	212	229	230	225	286	212
	2	226	228	225	236	253	270	279	274	277	270	248	241	233	232	234	279	225
P_APP_T05	1	224	223	228	217	232	258	257	263	265	256	240	225	227	228	226	265	217
	2	224	224	222	216	229	247	263	274	271	232	240	237	228	228	224	274	216
P_APP_T06	1	232	230	229	222	236	266	271	277	268	251	233	228	227	229	230	277	222
	2	231	225	228	219	231	249	257	263	256	258	251	232	227	225	226	263	219
P_APP_T07	1	218	219	217	211	222	254	265	270	267	272	231	219	224	224	223	272	211
	2	225	224	224	228	239	259	274	277	270	256	232	220	228	228	226	277	220
P_APP_T08	1	224	225	233	219	228	250	277	270	274	279	245	233	236	237	236	279	219
	2	226	226	228	213	232	244	265	262	279	261	236	226	234	232	230	279	213
P_APP_T09	1	234	234	236	226	241	272	270	270	273	266	237	229	230	231	232	273	226
	2	229	234	231	237	246	262	276	268	275	260	237	228	232	231	230	276	228
P_APP_T10	1	228	227	226	234	259	288	281	278	274	280	236	232	231	234	233	288	226
	2	230	231	230	237	254	275	277	279	276	255	238	230	236	237	234	279	230

Para uma melhor interpretação dos resultados, foi realizado o Gráfico 19, apenas com a média dos valores entre a primeira e a segunda filiação para cada teste. Com isto, obtém-se um gráfico menos confuso, facilitando a análise. No anexo XVIII encontra-se uma tabela com todos os valores das medições de dureza, quer para a primeira, quer para a segunda filiação, incluindo a média e o desvio padrão.

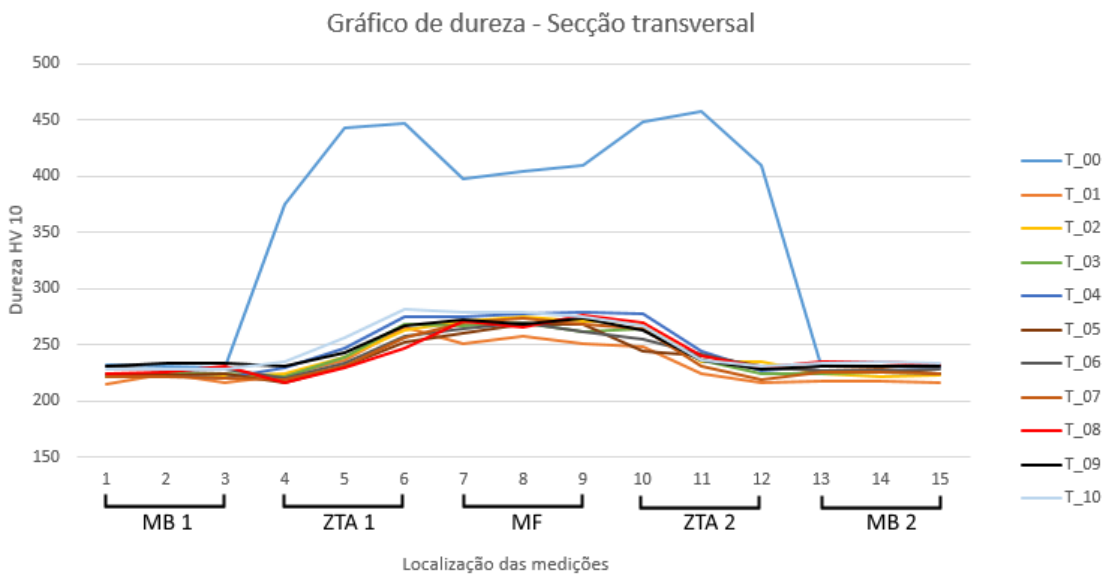


Gráfico 19 - Medição de dureza na secção transversal, valores médios entre a 1ª e 2ª filiação.

Pela análise do Gráfico 19 e dos valores da Tabela 47, podemos verificar que o teste P_APP_T00 surge com uma dureza muito elevada na ZTA e MF. Em relação ao valor de dureza registado no MB, para todos os testes, verifica-se que apresentou um valor semelhante em todos eles, e também ao que é referido pelas especificações para este material, cerca de 220-230 HV. Em termos de dureza na ZTA e MF, verifica-se que segue um perfil semelhante para todos os testes, tendo uma tendência a subir à medida que nos afastamos do MB1, estabilizando no MF e depois voltando a descer, quando nos aproximamos do MB2.

Foi efetuado o cálculo da média e desvio padrão dos valores nas zonas ensaiadas, Tabela 48, ou seja, um total de 6 valores medidos em cada zona, para uma melhor interpretação dos resultados, a fim de se tirar alguma relação. Como referido no capítulo 2.2.2.8, a dureza ideal para as soldaduras neste material é de 200-275 HV. No entanto, as durezas até um valor de 300 HV podem ser consideradas aceitáveis.

Pela análise dos valores, o teste P_APP_T00 salienta-se apresentando uma dureza fora do intervalo aceitável, na ZTA e MF, isto porque não foi efetuado tratamento térmico. Os restantes testes têm os valores muito parecidos uns com os outros, como já visto pelo Gráfico 19.

De acordo com a Norma ISO – 18265 (*Metallic materials – Conversion of hardness values*) é possível fazer-se uma estimativa da resistência mecânica através dos valores de dureza [105]. Isto porque, tanto a dureza como a tensão de rotura, são indicadores da resistência de um metal à deformação plástica, sendo que são aproximadamente proporcionais. No entanto, essa proporcionalidade não é valida para todos os metais. Para este caso, pode ser indicado que a tensão de rotura, em MPa, é 3,13 vezes maior que a dureza, em HV, Figura 173.

Tabela 48 - Dureza HV 10, média e desvio padrão dos valores - MB1, ZTA1, MF, ZTA2, MB2.

Dureza (HV10)						
Teste	**MB 1**	**ZTA 1**	**MF**	**ZTA 2**	**MB 2**	
P_APP_T00	231	422	404	439	231	Média
	2	45	12	23	4	σ
P_APP_T01	219	242	253	230	218	Média
	6	19	6	15	2	σ
P_APP_T02	222	242	272	247	223	Média
	2	19	6	17	2	σ
P_APP_T03	224	243	266	242	225	Média
	2	21	5	18	2	σ
P_APP_T04	222	251	278	250	231	Média
	4	20	4	23	3	σ
P_APP_T05	224	233	266	238	227	Média
	2	15	6	9	1	σ
P_APP_T06	229	237	265	242	227	Média
	2	16	7	12	2	σ
P_APP_T07	221	236	271	238	226	Média
	3	17	4	19	2	σ
P_APP_T08	227	231	271	247	234	Média
	3	13	6	18	2	σ
P_APP_T09	233	247	272	236	231	Média
	2	15	3	11	1	σ
P_APP_T10	229	258	278	245	234	Média
	2	19	2	18	2	σ

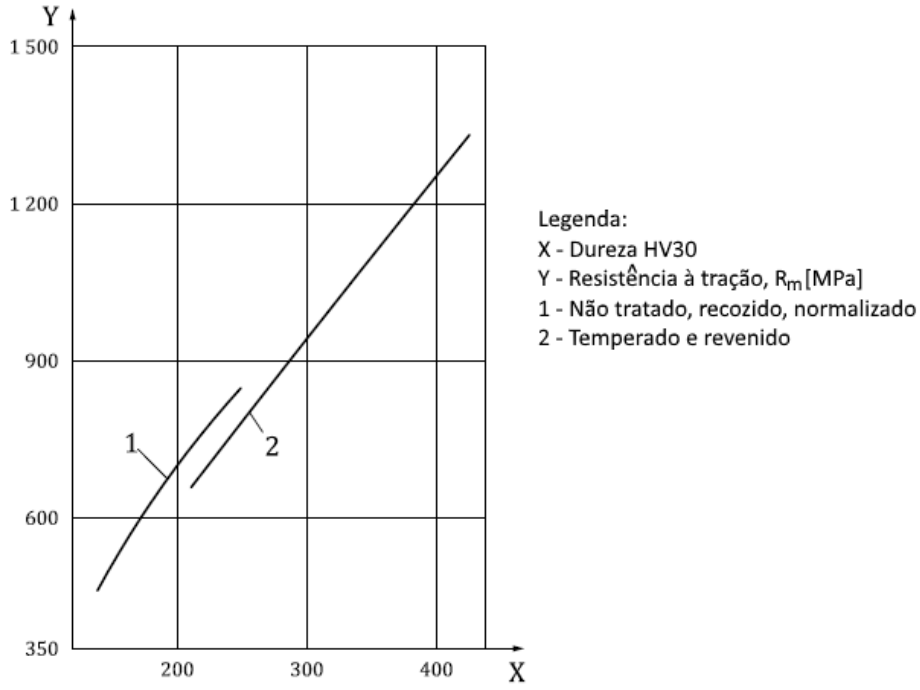


Figura 173 – Curva Dureza/Tensão de rotura para aços temperados e revenidos em várias condições de tratamento térmico [105].

Com base nos valores da Tabela 48, foi realizado o Gráfico 20, para se visualizar a tendência da resistência mecânica ao longo da junta. Então, de acordo com a Norma *ISO* 18265, a tensão de rotura segue o mesmo padrão, isto porque quanto maior a dureza, maior será a estimativa da resistência à tração da ligação [105]. Portanto, o gráfico permite observar que a resistência será maior na zona do MF e desce em direção ao MB, seguindo o mesmo perfil traçado pela dureza.

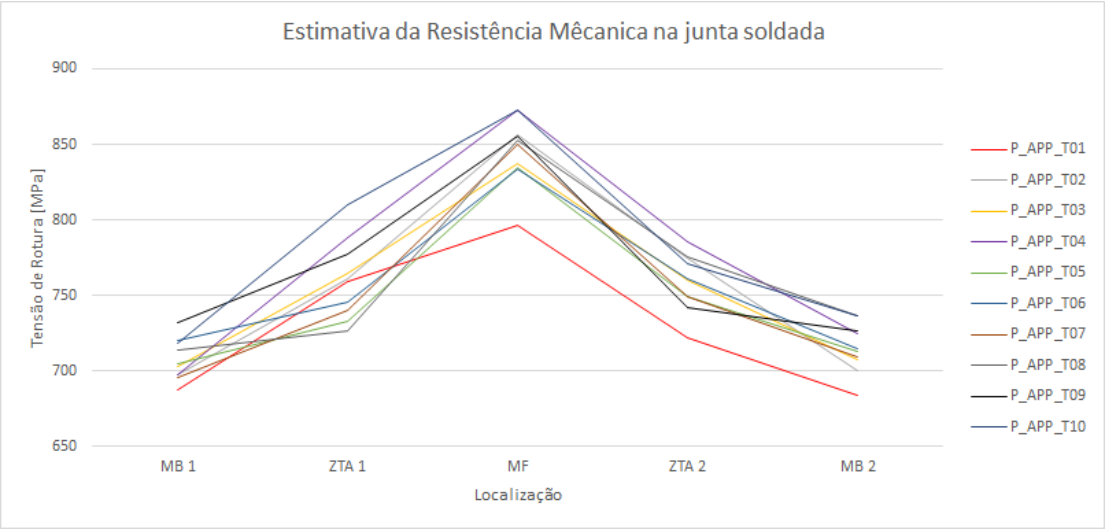


Gráfico 20 – Estimativa da resistência mecânica no MB /ZTA / MF.

O teste P_APP_T00 não está presente no gráfico porque apresenta valores elevados de dureza, os quais estão fora do intervalo permitido para este material (200 – 275 HV). Esta estimativa não é uma ferramenta com poder suficiente para estabelecer um critério de aceitação/rejeição, ou de decisão sobre qual seria o melhor conjunto de tratamentos, à semelhança do que acontece com os valores de dureza registados, onde apenas o teste P_APP_T00 apresenta valores largamente fora do intervalo aceitável. Os restantes testes cumprem com os requisitos especificados, na maioria deles, sendo que o P_APP_T04 e o P_APP_T10 apresentam um valor médio na zona do MF ligeiramente acima do permitido. Mas, como referido na revisão bibliográfica do presente relatório, capitulo 2.2.2.8, valores até um máximo de 300 HV podem ser aceites. Os relatórios referentes à medição de dureza na secção transversal realizada pelo ISQ encontram-se no anexo XXV.

3.4.4.3. Microdureza medida na secção transversal – Identificação de pontos macios

3.4.4.3.1. Equipamentos utilizados

A marca deste equipamento é Shimadzu *Micro Hardness Tester Type-M*, Figura 174. Permite utilização de cargas que vão desde os 25 gf (0,245 N) até aos 1 kgf (9,81 N). Possui ainda uma base com fuso micrométrico em dois eixos para se efetuarem medições com os intervalos desejados.



Figura 174 - Microdurómetro Shimadzu *Micro Hardness Tester Type-M* (APPinho, 2014).

3.4.4.3.2 Realização do ensaio

Como a dureza é um dos métodos que permite identificar o estado da microestrutura da soldadura, foi novamente utilizado neste estudo, mas agora com outro intuito. Neste caso, o objetivo é identificar os pontos macios na secção transversal, ou seja, pontos com dureza inferior à do MB na região de grão fino da ZTA, também conhecida como região intercrítica. A região intercrítica fica situada na zona de ligação da ZTA, muito próxima do MB, como referido no capítulo 2.2.2.3. É neste local que aparece a designada fissuração tipo IV, que muitas vezes ocorre tanto na fase fabrico, como durante a vida do componente.

As medições de dureza foram realizadas na secção transversal da soldadura, nas mesmas amostras que foram utilizadas para a realização da análise micrográfica, macrográfica, e também medição da microdureza descrita no ponto anterior. No entanto, este ensaio foi realizado na face oposta, sendo que foi necessário fazer um novo polimento e um novo ataque com o reagente *Vilella*. O ensaio de microdureza foi realizado de acordo com a norma NP *EN* 1043-2 – Ensaio de microdurezas em juntas soldadas [106]. Foi aplicada uma carga de 1 kgf e um tempo de aplicação da mesma de 30 segundos, ou seja, medições de dureza em HV1/30.

Foram efetuadas três filiações de dureza, junto à raiz, centro e face, afastadas entre si de 1,5 mm, sendo que as filiações da face e da raiz estão afastadas da extremidade em 1 mm, Figura 175. As medições foram realizadas com um espaçamento de 1 mm, sendo que a norma refere como distância mínima entre indentações 0,5 mm, para que as medições não sejam afetadas pelas indentações anteriores. No entanto, quando se começou a aproximar da zona de grão refinado da ZTA, locais onde são esperadas durezas inferiores, foi utilizado um espaçamento de 0,5 mm. Seguidamente, fizeram-se medições nesse intervalo com um afastamento de 0,25 mm apenas entre elas.

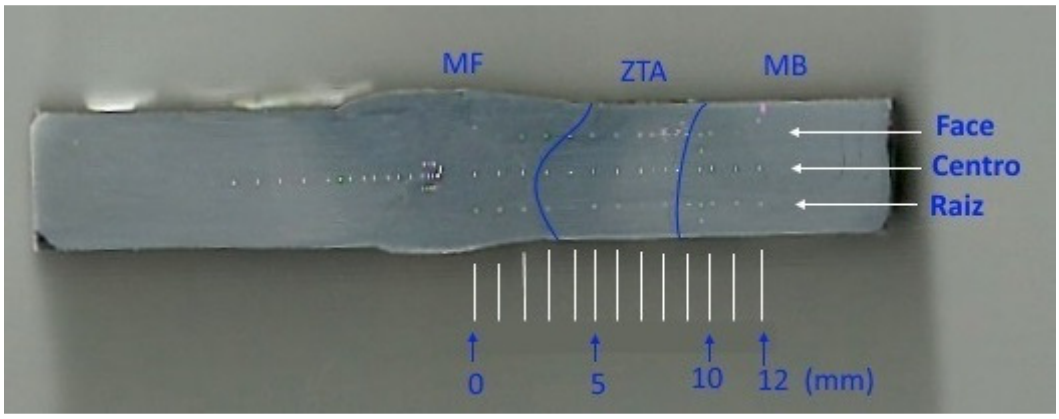


Figura 175 - Esquema de medições da microdureza na secção transversal, a partir do centro de soldadura, P_APP_T01 (APPinho, 2015).

Por exemplo, atendendo ao caso da Figura 175, foram realizadas medições de microdureza começando no 0, centro de soldadura, seguidamente as medições foram efetuadas de 1 em 1 mm até à distância 7 mm. Depois foi efetuada uma leitura à cota de 7,5 mm, 8,5 mm e 9,5 mm. Por fim, foram realizadas novas leituras às dimensões 7,25 mm, 7,75 mm, 8,25 mm, 8,75 mm, 9,25 mm e 9,75 mm. Este procedimento foi realizado com esta sequência pois estas leituras de 0,25 em 0,25 mm não respeitam a norma, portanto, a existirem leituras que poderão ser menos precisas, serão estas últimas. Apesar disso, foram realizadas e também registadas, pois entende-se que apesar de não estarem de acordo com a norma, os valores podem ser considerados aceitáveis, pois não são afetados pelas indentações já realizadas.

Este método foi aplicado em todos os testes, variando como é óbvio os comprimentos do MF e ZTA, pois são diferentes de teste para teste. No entanto, para cada caso foi realizada uma régua, para que se possa identificar a região correspondente a cada valor de dureza medido. Os resultados foram apresentados em forma de gráfico, permitindo ver a variação da dureza ao longo do perfil.

3.4.4.3.3 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T00

Esta amostra apresenta, à semelhança das medições efetuadas nos capítulos anteriores, durezas elevadas no MF e ZTA, devido à ausência do revenido, sendo que devido a esse fator a microestrutura apresenta maioritariamente martensite não revenida, dura e frágil.

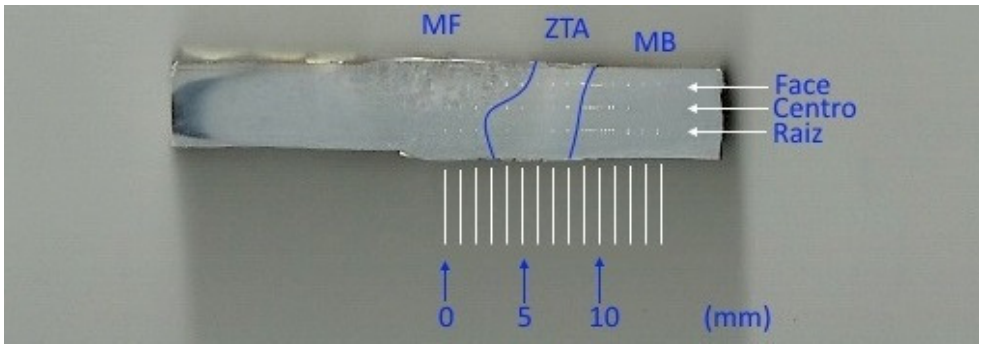


Figura 176 - Esquema de medições, P_APP_T00 (APPinho, 2015).

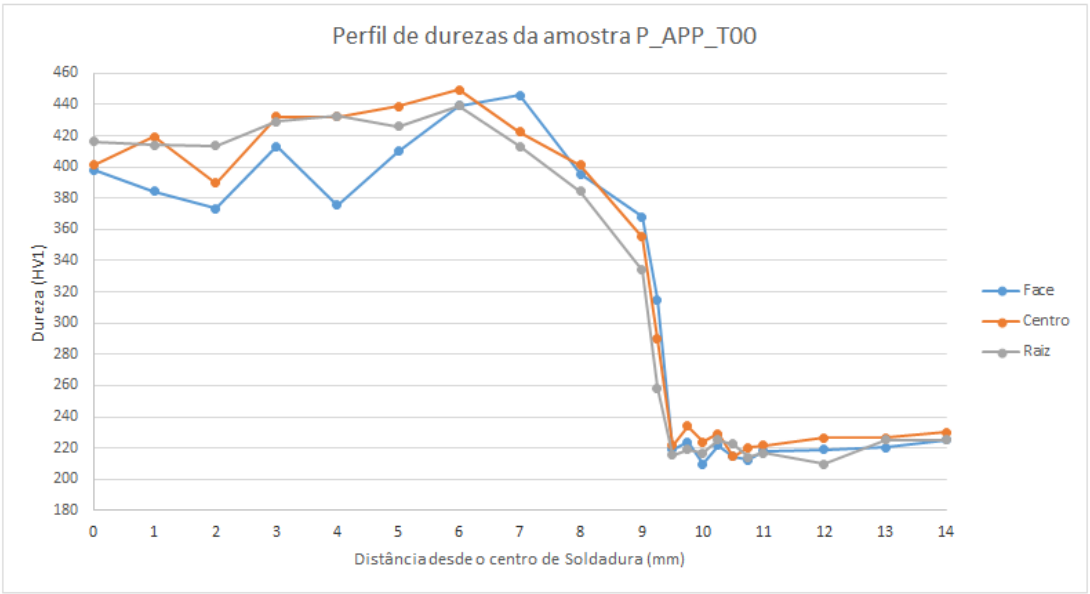


Gráfico 21 - Perfil de durezas do teste P_APP_T00.

Neste caso, verificam-se valores de dureza mais elevados na ZTA do que no MF. No entanto, esses valores não são relevantes para o objetivo das medições de dureza nesta fase. A zona relevante para o caso será a região da ZTA próxima do MB, local conhecido por apresentar região de grão mais refinado, e dureza inferior à do MB em cerca de 20 HV, como já referido. Portanto, a atenção quer neste, quer nos próximos testes, foi focada nessa zona.

Devido à configuração do chanfro, em V, as regiões do perfil da amostra não correspondem exatamente às mesmas coordenadas, portanto, neste caso a região intercrítica para as diferentes filiações está compreendida entre 9,5 – 10,75 mm. É nessa região de grão mais refinado onde ocorre fissuração do tipo IV. Este tipo de análise aplica-se a todos os testes a seguir referidos, variando a localização das regiões.

Tabela 49 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T00.

Localização (mm) – Valores da dureza em HV1 (a cinzento estão assinalados os valores mínimos registados em cada zona)									
	9,50	**9,75**	**10,00**	**10,25**	**10,50**	**10,75**	**Média**	**σ**	**Menor**
Face	219	224	210	222	215	212	217	5	210
Centro	222	234	224	229	215	220	224	6	215
Raiz	216	219	217	225	223	214	219	4	214

Sabe-se que na ZTA os valores de dureza são superiores aos do MB, então valores de dureza inferiores aos do MB indicam que estamos na região intercrítica, de grão refinado. Isso pode ser verificado pelos valores apresentados no Gráfico 21, e fazendo a correspondência da localização com a Figura 176. Verifica-se que entre os 9,5 mm e os 10,75 mm, existe um decréscimo dos valores de dureza, Tabela 49. O menor valor registado foi de 210 HV, sendo que para valores típicos desta região intercrítica, se apresenta acima do normal. Estes valores mais altos poderão estar também influenciados pelo facto de este teste não ter tido tratamento térmico. Nas restantes zonas, ZTA, MF e MB, os valores apresentam resultados idênticos aos encontrados na medição de dureza feita no capítulo anterior.

3.4.4.3.4 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T01

A zona em análise para identificação dos pontos macios foi entre a dimensão 7,5 mm a 9,75 mm, na qual se verifica a existência de um decréscimo nos valores de dureza, Figura 177. Neste caso, os valores registados são considerados típicos de zonas macias. O maior decréscimo está na zona da face, sendo que no centro e na raiz apresenta resultados semelhantes.

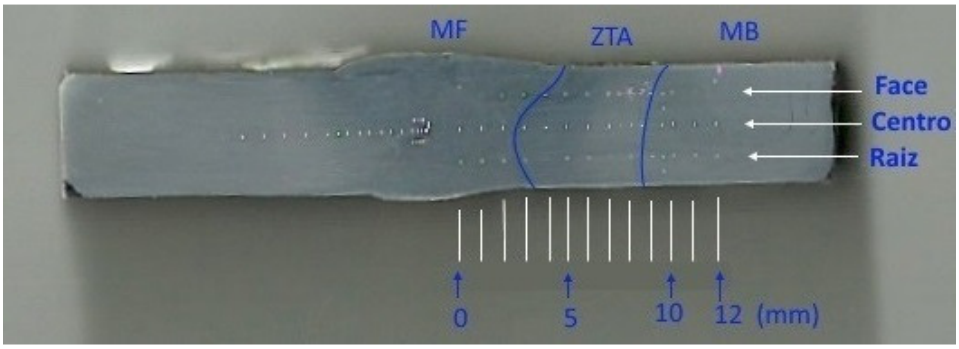


Figura 177 - Esquema de medições, P_APP_T01 (APPinho, 2015).

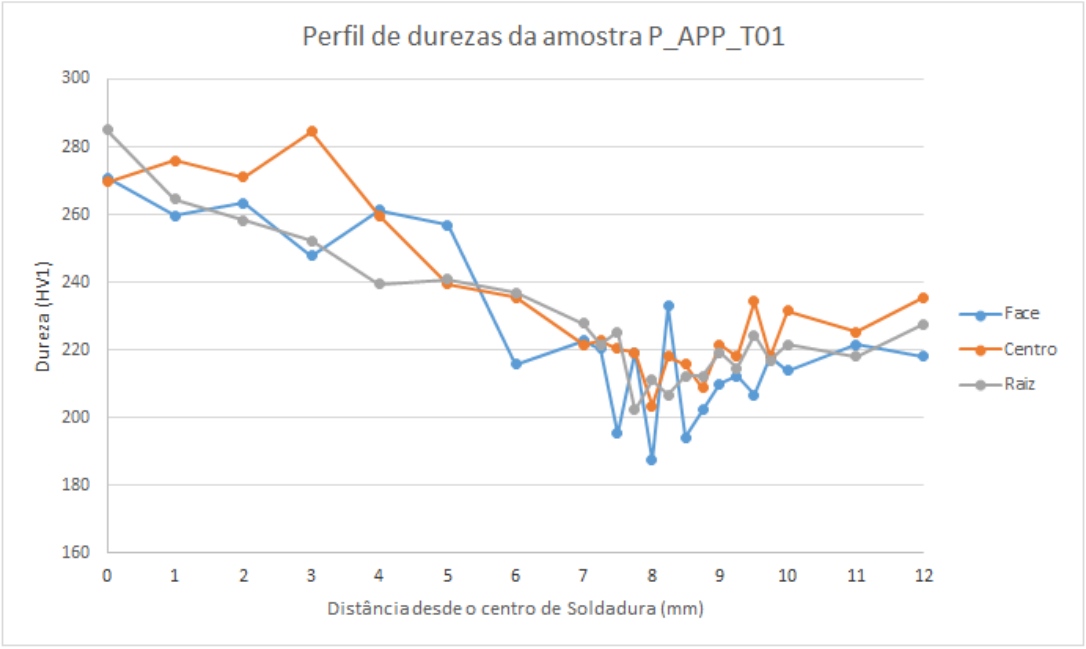


Gráfico 22 - Perfil de durezas do teste P_APP_T01.

Pode-se verificar, Gráfico 22, que no perfil da face existem valores abaixo da linha dos 200 HV, enquanto na raiz e no centro os valores rondam os 200 HV. Isto demonstra que se está claramente numa zona de pontos macios, e que de acordo com o que está referido na revisão bibliográfica, capitulo 2.2.2.3, é possível ocorrer nestes locais fissuração do tipo IV, pois se considerarmos que a dureza do MB está compreendida entre 220-230 HV, existe um decréscimo considerável. Os valores mínimos registados dentro da zona crítica encontram-se na Tabela 50.

Tabela 50 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T01.

Localização (mm) – Valores da dureza em HV1 (a cinzento estão assinalados os valores mínimos registados em cada zona)													
	7,50	**7,75**	**8,00**	**8,25**	**8,50**	**8,75**	**9,00**	**9,25**	**9,50**	**9,75**	**Média**	**σ**	**Menor**
Face	195	219	187	233	194	202	210	212	207	218	208	13	187
Centro	220	219	203	218	216	209	222	218	234	218	218	8	203
Raiz	225	202	211	207	212	212	219	215	224	217	214	7	202

3.4.4.3.5 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T02

A zona de análise neste teste foi entre os 5,25 mm e os 7,5 mm, sendo que os valores neste intervalo também sofrem uma diminuição, Figura 178. No entanto, neste teste o valor mais baixo registado foi de 204 HV, Tabela 51.

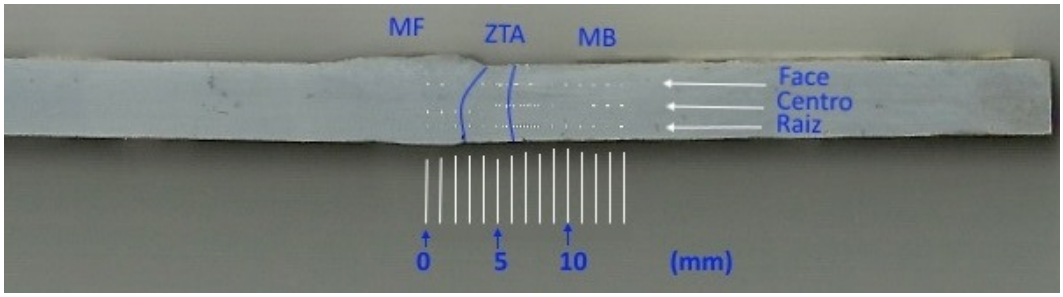


Figura 178 - Esquema de medições, P_APP_T02 (APPinho, 2015).

Portanto, este não desceu para além da linha dos 200 HV, Gráfico 23. Apesar de neste teste não se registaram valores tão baixos como na maioria dos testes, nota-se uma tendência de diminuição dos valores, quando comparado com o restante perfil da amostra ensaiada. Neste caso, a diferença entre os valores do MB e da zona intercrítica foi menor.

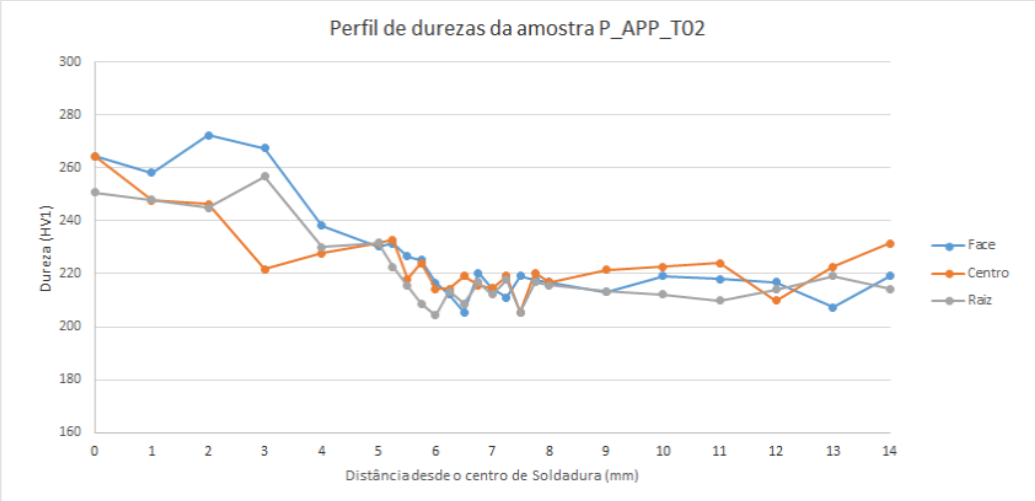


Gráfico 23 - Perfil de durezas do teste P_APP_T02.

Tabela 51 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T02.

Localização (mm) – Valores da dureza em HV1 (a cinzento estão assinalados os valores mínimos registados em cada zona)													
	5,25	**5,50**	**5,75**	**6,00**	**6,25**	**6,50**	**6,75**	**7,00**	**7,25**	**7,50**	**Media**	**σ**	**Menor**
Face	232	227	225	217	212	206	220	214	211	219	218	8	206
Centro	233	218	224	214	214	219	216	215	219	206	218	7	206
Raiz	223	216	209	204	213	209	217	212	218	206	213	6	204

3.4.4.3.6 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T03

Mais uma vez, à semelhança do que já vem sendo referido, notam-se valores de dureza mais baixos na zona crítica, neste caso entre os 10,5 mm e 12,75 mm, Figura 179. Nota-se que os valores do centro são os que se mantiveram mais estáveis, atingindo apenas um mínimo de 210 HV.

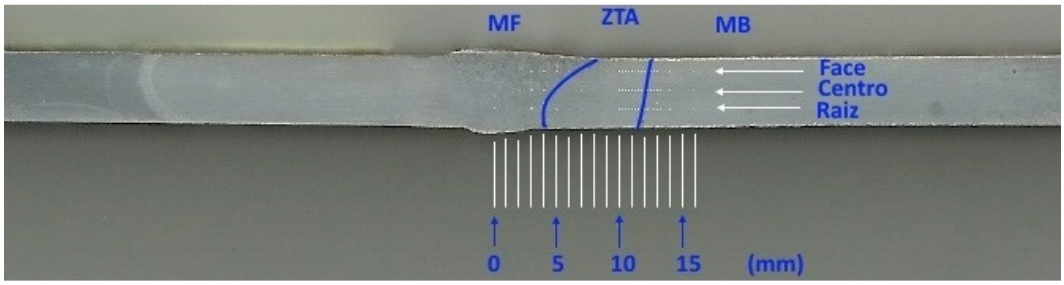


Figura 179 - Esquema de medições, P_APP_T03 (APPinho, 2015).

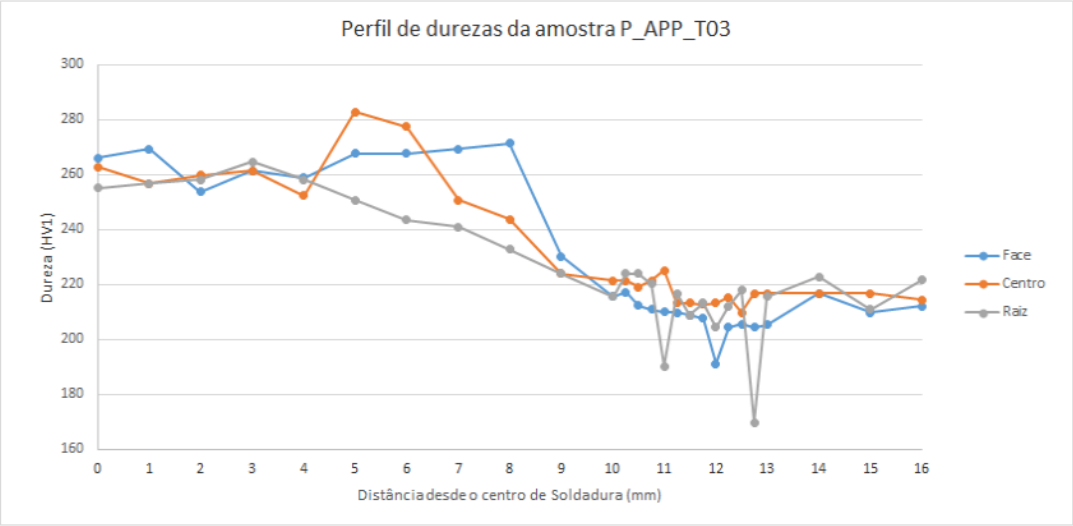


Gráfico 24 - Perfil de durezas do teste P_APP_T03.

Os valores da face e raiz apresentam pontos de dureza bastante baixa, sendo o mínimo de 191 e 170 HV, respetivamente, Gráfico 24 e Tabela 52. Este comportamento aponta claramente para zonas de dureza inferior, com forte probabilidade de ocorrência de fissuração do tipo IV.

Tabela 52 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T03.

Localização (mm) – Valores da dureza em HV1 (a cinzento estão assinalados os valores mínimos registados em cada zona)													
	10,50	**10,75**	**11,00**	**11,25**	**11,50**	**11,75**	**12,00**	**12,25**	**12,50**	**12,75**	**Média**	**σ**	**Menor**
Face	212	211	210	210	209	208	191	204	206	204	207	6	191
Centro	219	222	225	213	213	213	213	215	210	217	216	4	210
Raiz	224	220	190	217	209	213	205	212	218	170	208	16	170

3.4.4.3.7 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T04

Realizada uma análise neste teste, voltamos a verificar a mesma tendência, sendo que a dureza na linha central se mantém mais elevada do que as da face e raiz. Os pontos de dureza inferior são também acentuados, dado que atingem valores cerca de 30 HV inferiores aos típicos do MB, que rondam os 220 HV, Gráfico 25 e Tabela 53. A presença de zonas macias volta claramente a ser revelada. A zona de análise para este teste está situada entre os 9,5 mm e 11,75 mm, Figura 180.

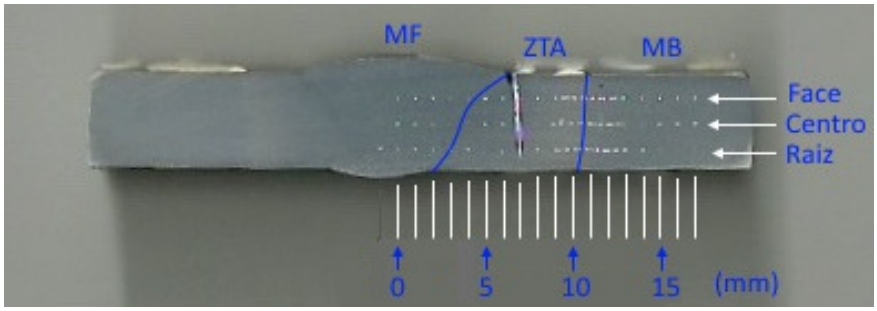


Figura 180 - Esquema de medições, P_APP_T04 (APPinho, 2015).

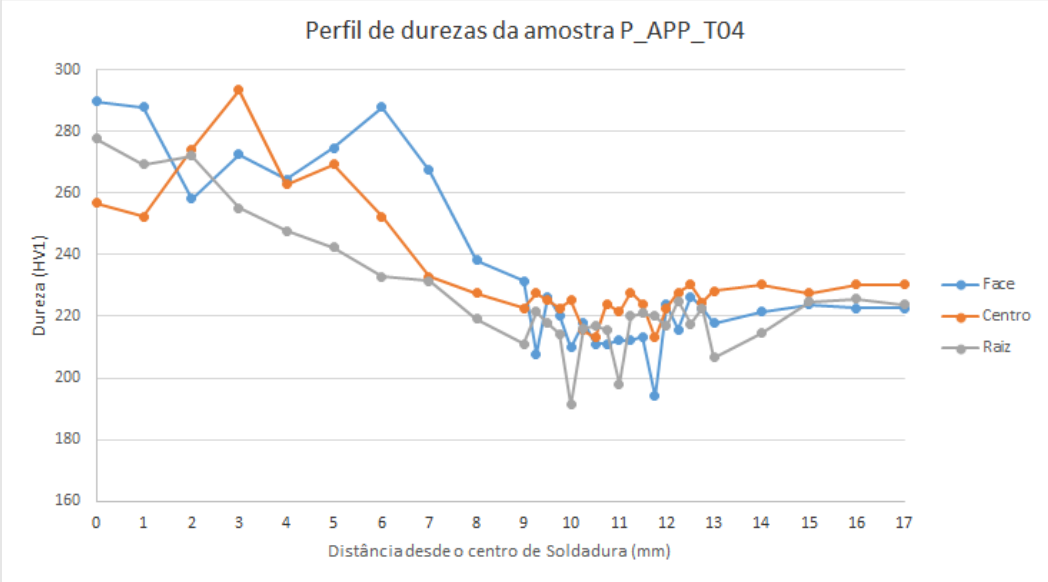


Gráfico 25 - Perfil de durezas do teste P_APP_T04.

Tabela 53 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T04.

Localização (mm) – Valores da dureza em HV1 (a cinzento estão assinalados os valores mínimos registados em cada zona)													
	9,50	**9,75**	**10,00**	**10,25**	**10,50**	**10,75**	**11,00**	**11,25**	**11,50**	**11,75**	**Média**	**σ**	**Menor**
Face	226	220	210	218	211	211	212	212	213	194	213	8	194
Centro	225	223	225	216	213	224	222	228	224	213	221	5	213
Raiz	218	214	191	216	217	216	198	220	221	220	213	10	191

3.4.4.3.8 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T05

Neste caso, pode ser verificado que a linha central é a que atinge valores menores, embora com pouca diferença das restantes linhas. A zona de análise está entre os 6 mm e os 8 mm. Ao contrário dos casos anteriores, neste teste o ponto de dureza mínimo registado encontra-se em todas as filiações na mesma coordenada, 7,5 mm, Figura 181. Pode também ser visto que as três linhas descrevem a mesma trajetória, sendo sinal que os pontos macios tendem a formar-se de igual forma nas três cotas analisadas, Gráfico 26 e Tabela 54.

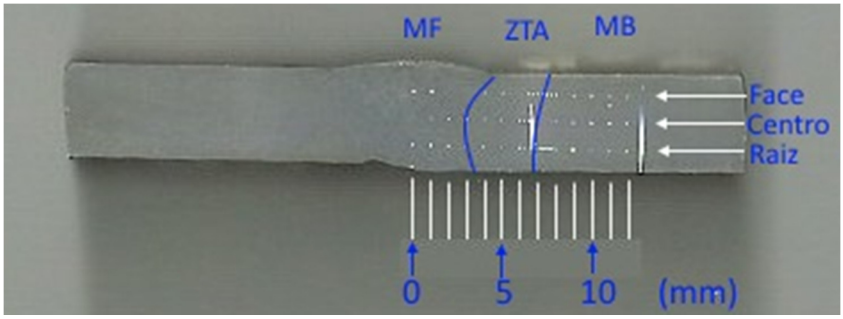


Figura 181 - Esquema de medições, P_APP_T05 (APPinho, 2015).

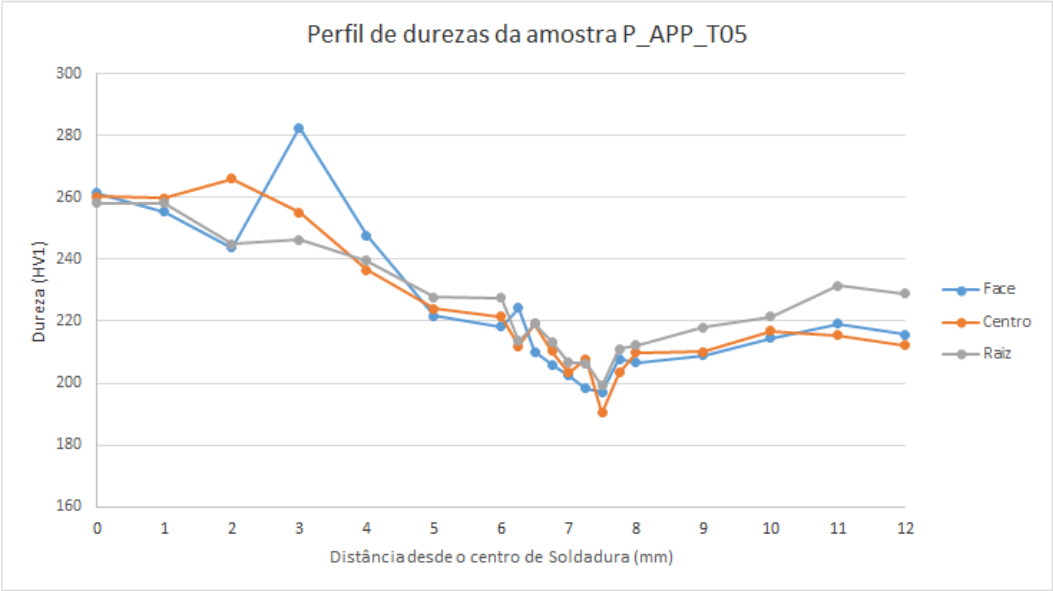


Gráfico 26 - Perfil de durezas do teste P_APP_T05.

Tabela 54 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T05.

Localização (mm) – Valores da dureza em HV1 (a cinzento estão assinalados os valores mínimos registados em cada zona)												
	6,00	**6,25**	**6,50**	**6,75**	**7,00**	**7,25**	**7,50**	**7,75**	**8,00**	**Média**	**σ**	**Menor**
Face	218	224	210	206	202	198	197	208	207	208	8	197
Centro	222	212	219	210	203	208	190	203	210	208	9	190
Raiz	228	214	219	213	207	207	199	211	212	212	8	199

3.4.4.3.9 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T06

No presente teste os resultados das medições na raiz e no centro apresentam valores ligeiramente inferiores, no entanto, neste caso os valores mínimos foi 212 e 210 HV, respetivamente, Tabela 55. Na zona da face registou-se um perfil de durezas com valores menores, na suposta região intercrítica. No entanto, nenhum valor das medições efetuadas desceu abaixo de 200 HV, Gráfico 27. A tendência de descida dos valores na zona crítica, 8 mm a 10 mm, está também aqui presente, Figura 182.

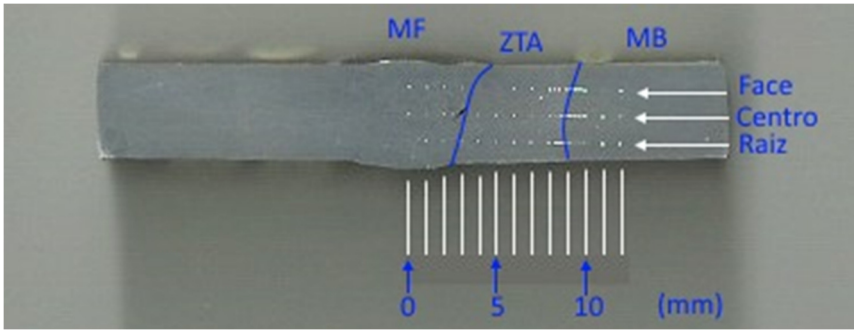


Figura 182 - Esquema de medições, P_APP_T06 (APPinho, 2015).

Tabela 55 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T06.

Localização (mm) – Valores da dureza em HV1 (a cinzento estão assinalados os valores mínimos registados em cada zona)												
	8,00	**8,25**	**8,50**	**8,75**	**9,00**	**9,25**	**9,50**	**9,75**	**10,00**	**Média**	**σ**	**Menor**
Face	212	209	202	202	207	210	213	219	215	210	5	202
Centro	217	217	215	217	216	217	219	219	210	216	3	210
Raiz	220	220	217	212	224	226	223	226	222	221	4	212

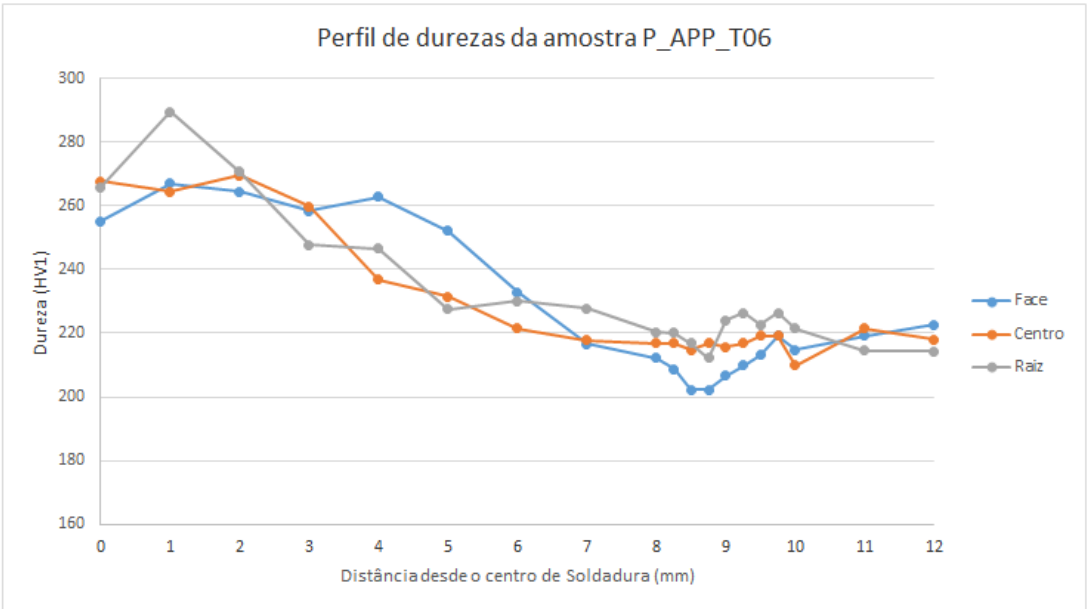


Gráfico 27 - Perfil de durezas do teste P_APP_T06.

3.4.4.3.10 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T07

Pelo Gráfico 28 é possível verificar-se que foram registados pontos abaixo dos 200 HV, para as três filiações de dureza medida, Tabela 56. A zona que apresenta valores inferiores foi a zona da face. A linha do centro e da raiz apresentam valores semelhantes. A região intercrítica neste caso está situada entre os 8,5 mm e os 10,75 mm, Figura 183.

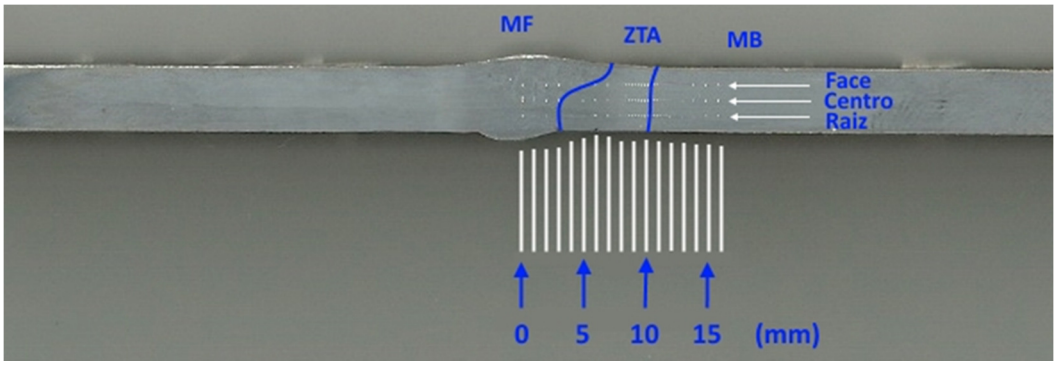


Figura 183 - Esquema de medições, P_APP_T07 (APPinho, 2015).

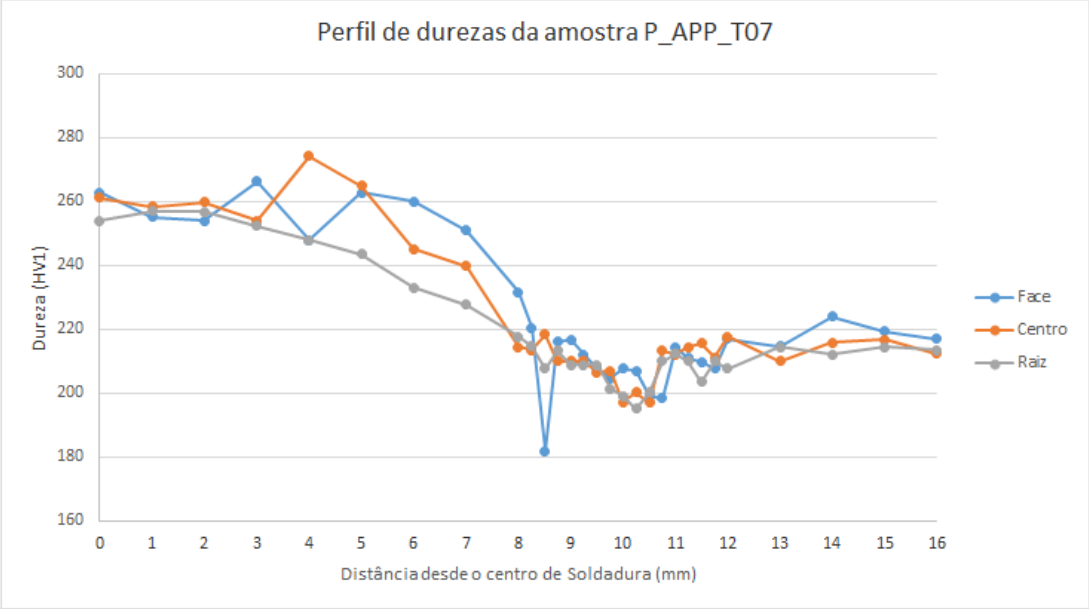


Gráfico 28 - Perfil de durezas do teste P_APP_T07.

Tabela 56 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T07.

Localização (mm) – Valores da dureza em HV1 (a cinzento estão assinalados os valores mínimos registados em cada zona)													
	8,50	**8,75**	**9,00**	**9,25**	**9,50**	**9,75**	**10,00**	**10,25**	**10,50**	**10,75**	**Média**	**σ**	**Menor**
Face	182	216	217	212	208	205	208	207	199	198	205	10	182
Centro	218	210	210	210	207	207	197	200	197	213	207	7	197
Raiz	208	213	209	209	209	202	199	195	200	210	205	6	195

3.4.4.3.11 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T08

Este teste assemelha-se bastante ao teste anterior, em termos de resultados, onde também se verifica um pico, invertido, na zona da face. Os restantes valores estão todos acima dos 200 HV, sendo mesmo um único valor responsável pelo pico invertido, Gráfico 29. No entanto, este valor é bastante inferior, sendo que faz uma diferença de cerca de 50 HV para o MB. Os restantes pontos medidos em qualquer uma das filiações não apresenta grande relevância, Tabela 57. A zona em análise para este teste situa-se entre os 6 mm e os 8 mm, Figura 184.

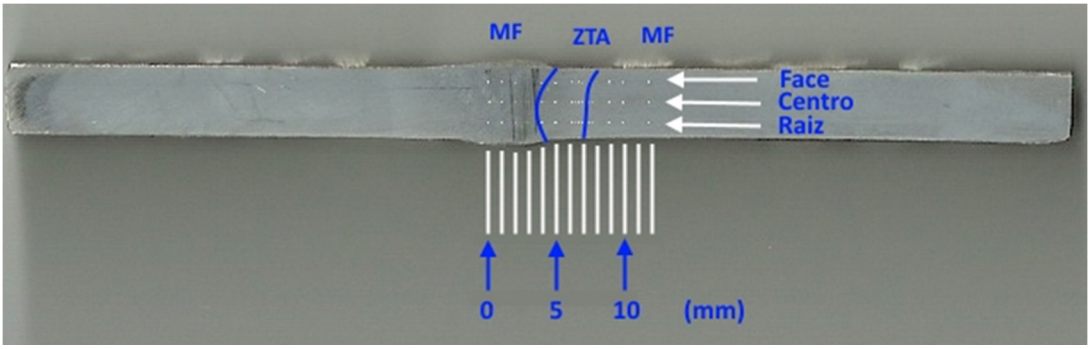


Figura 184 - Esquema de medições, P_APP_T08 (APPinho, 2015).

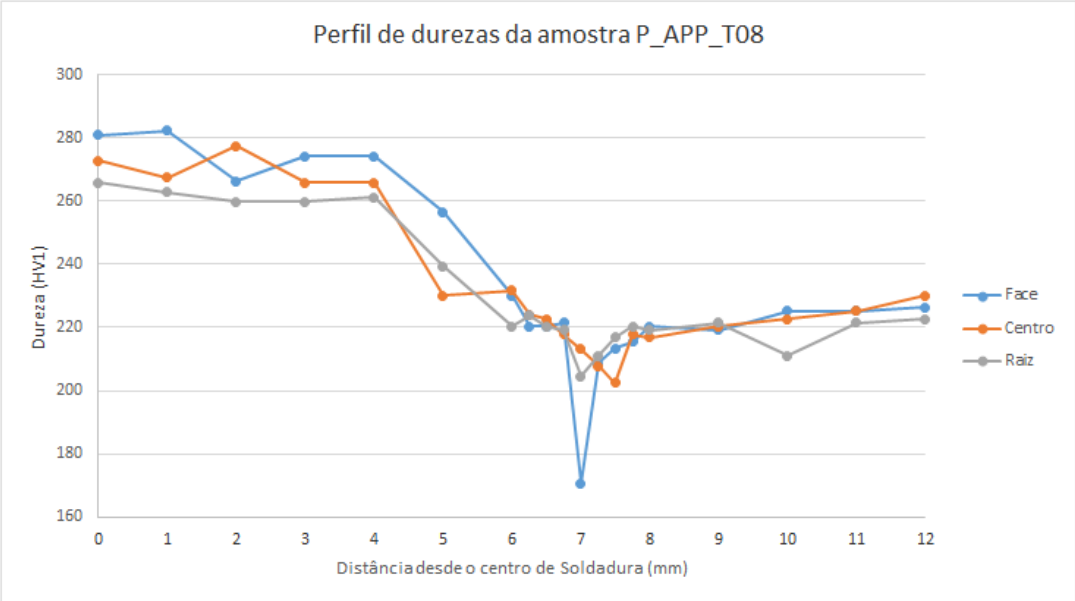


Gráfico 29 - Perfil de durezas do teste P_APP_T08.

Tabela 57 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T08.

Localização (mm) – Valores da dureza em HV1 (a cinzento estão assinalados os valores mínimos registados em cada zona)												
	6,00	**6,25**	**6,50**	**6,75**	**7,00**	**7,25**	**7,50**	**7,75**	**8,00**	**Média**	**σ**	**Menor**
Face	230	220	220	222	171	209	213	216	220	213	16	171
Centro	232	224	223	218	213	208	202	218	217	217	8	202
Raiz	220	224	220	219	204	211	217	220	219	217	6	204

3.4.4.3.12 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T09

Neste teste também não há nada de relevante em comparação com os anteriores. Apresenta também um pico invertido na zona da face, no entanto com menor dimensão do que no teste anterior, Gráfico 30 e Tabela 58. Os restantes valores estão todos acima dos 200 HV. A zona de análise encontra-se entre os 9 mm e os 11,25 mm, Figura 185.

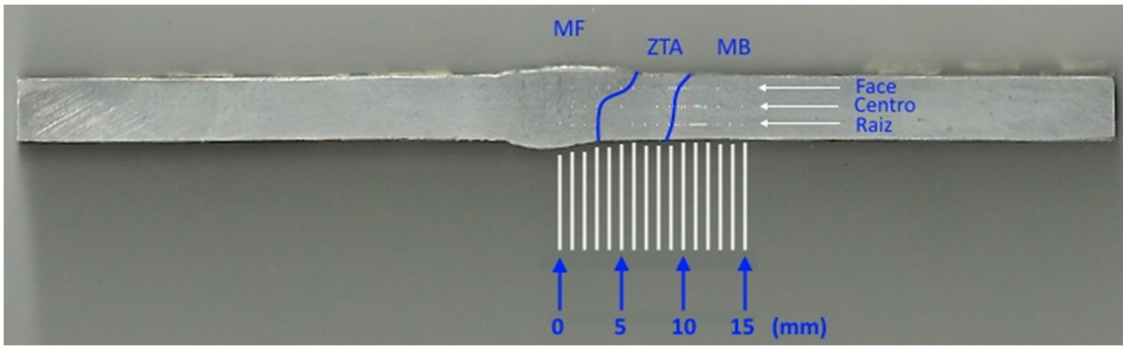


Figura 185 - Esquema de medições, P_APP_T09 (APPinho, 2015).

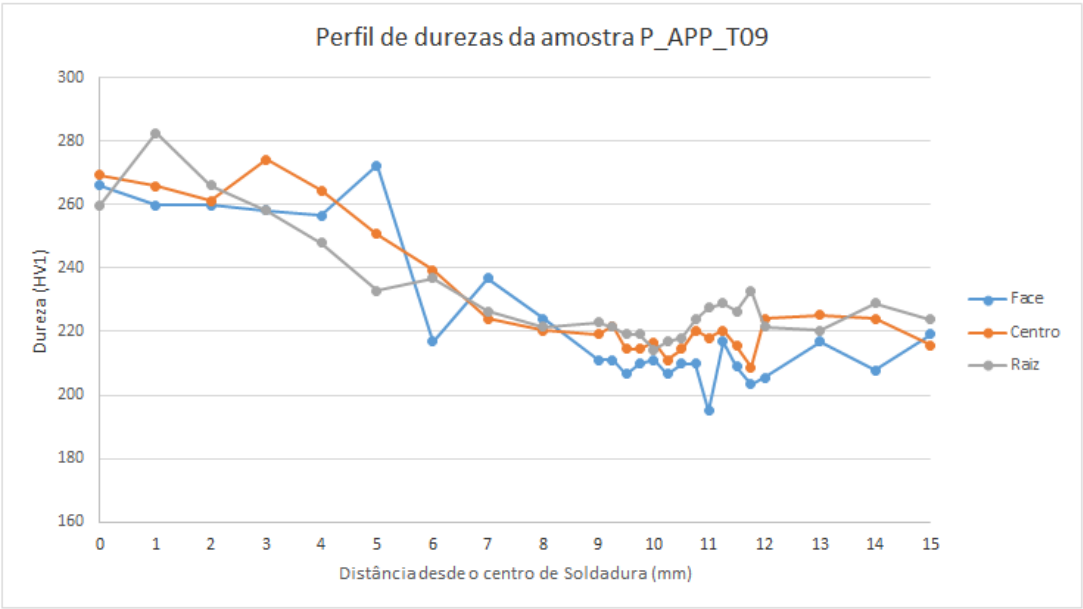


Gráfico 30 - Perfil de durezas do teste P_APP_T09.

Tabela 58 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T09.

Localização (mm) – Valores da dureza em HV1 (a cinzento estão assinalados os valores mínimos registados em cada zona)													
	9,00	**9,25**	**9,50**	**9,75**	**10,00**	**10,25**	**10,50**	**10,75**	**11,00**	**11,25**	**Média**	**σ**	**Menor**
Face	211	211	207	210	211	207	210	210	195	217	209	5	195
Centro	219	222	215	215	217	211	215	220	218	220	217	3	211
Raiz	223	222	219	219	214	217	218	224	228	229	221	4	214

3.4.4.3.13 Dureza medida na secção transversal - Teste P_APP_T10

O Gráfico 31 apresenta um resultado interessante, pois todos os valores estão acima dos 200 HV, sendo que os valores mínimos da filiação da face e centro são 211 HV. A zona com menores valores é a filiação da raiz, mas não desceu abaixo dos 200 HV. A zona intercrítica situa-se entre os 8 mm e 10 mm, Figura 186. Aqui, como no teste P_APP_T05, o ponto de dureza mínimo encontra-se também registado na mesma coordenada para as três filiações, neste caso aos 9 mm, Gráfico 31 e Tabela 59.

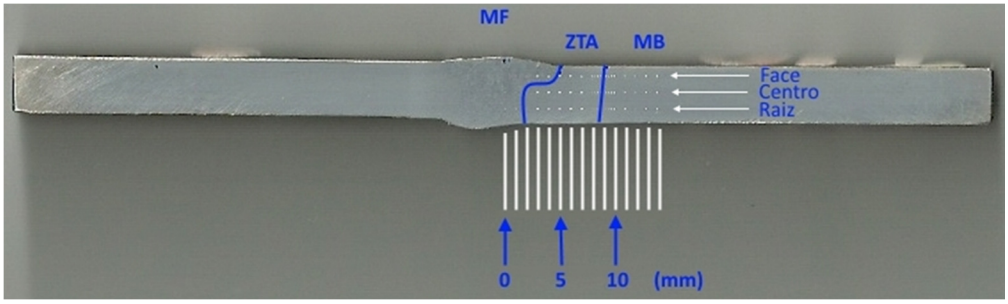


Figura 186 - Esquema de medições, P_APP_T10 (APPinho, 2015).

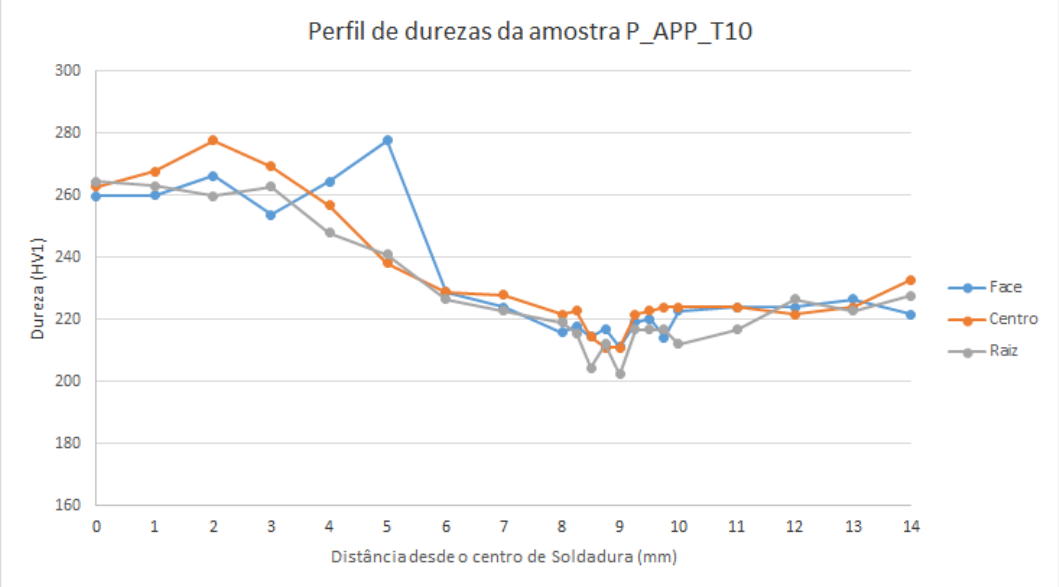


Gráfico 31 - Perfil de durezas do teste P_APP_T10.

Tabela 59 - Valores registados na região intercrítica para o teste P_APP_T10.

Localização (mm) – Valores da dureza em HV1 (a cinzento estão assinalados os valores mínimos registados em cada zona)												
	8,00	**8,25**	**8,50**	**8,75**	**9,00**	**9,25**	**9,50**	**9,75**	**10,00**	**Media**	**σ**	**Menor**
Face	216	218	214	217	211	219	220	214	223	217	3	211
Centro	222	223	214	211	211	222	223	224	224	219	5	211
Raiz	219	216	204	212	202	217	217	217	212	213	6	202

3.4.4.3.14 Dureza medida na secção transversal – Análise final

Como se acabou de verificar, as medições de dureza na região intercrítica demonstraram em todos os testes que a tendência para aparecer uma diminuição da dureza é verificada. Tal como nos diz a teoria, capitulo 2.2.2.3, este material apresenta uma região de grão fino na ZTA com dureza inferior à do material base em cerca de 20 HV. Esta diferença nos ensaios efetuados mostrou ser menor em alguns testes do que noutros. Partindo do princípio que a dureza típica do MB neste material é de cerca de 220 - 230 HV, então podemos admitir que valores inferiores a 205 HV representam uma indicação de pontos macios, "*soft spots*". Estes pontos macios são os responsáveis pela fissuração designada por tipo IV. De acordo com a norma *ISO* 18265, quanto mais baixa a dureza, menor será a resistência à tração, podendo então significar a fragilidade do material nessas zonas de dureza inferior [105].

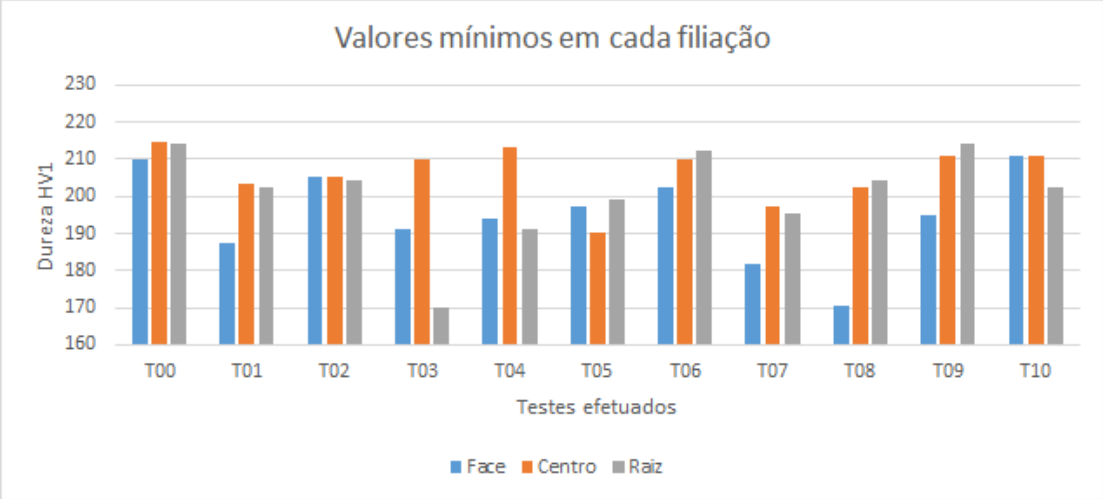


Gráfico 32 – Valores de dureza mínimos registados em cada filiação na região intercrítica para cada teste.

É também sabido a dureza permitida para este material está compreendida entre os 200-275 HV. Então, em amostras com valores fora desse intervalo, poderão ser consideradas inaceitáveis. No entanto não podemos aplicar esse critério de dureza mínima nos pontos macios. Para uma melhor interpretação dos resultados, e para se visualizar qual é a amostra com a dureza mais baixa, foi elaborado o Gráfico 32, onde está representado o valor mais baixo registado para cada filiação e teste. No Gráfico 33 está representado o valor médio das medições efetuadas na região intercrítica para cada filiação. Na Tabela 60 estão os resultados dos valores mínimos, médios e desvio padrão aplicados a cada teste, para visualização em paralelo com os gráficos.

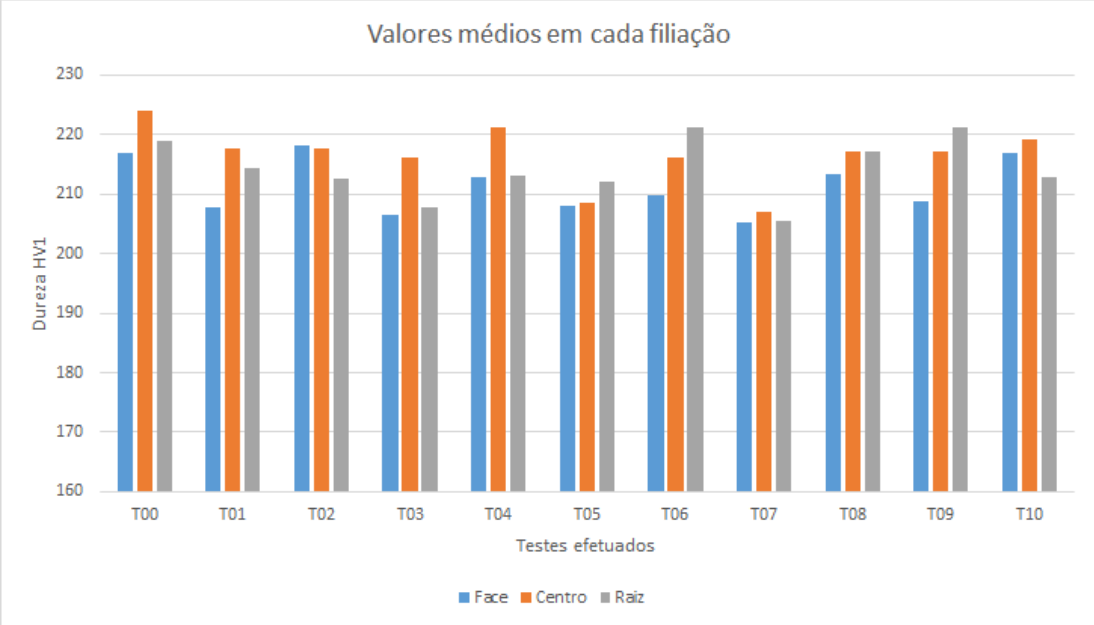


Gráfico 33 – Valores de dureza médios registados em cada filiação na região intercrítica para cada teste.

No Gráfico 32, podemos verificar que os testes P_APP_T02 e P_APP_T10 apresentam valores mínimos muitos idênticos nas 3 filiações, onde estão a rondar o valor limite de 205 HV. Isso pode ser um indicador de que estes serão os testes com melhores resultados, por apresentarem valores mínimos com pouca variação nas três filiações. O teste P_APP_T06 também não apresenta valores inferiores a 200 HV em nenhuma das filiações. Os testes P_APP_T05 e P_APP_T07 apresentam todos os valores abaixo da linha dos 200 HV, logo apresentam uma dureza muito baixa em todas as filiações. Os testes P_APP_T03 e P_APP_T04 são dos que apresentam valores mínimos aceitáveis na filiação do centro, mas na face e na raiz apresentam valores baixos. Os testes P_APP_T08 e P_APP_T09 apenas apresentam valores inferiores a 200 HV na filiação da face, sendo que no teste P_APP_T08 esse valor é bastante baixo. O teste P_APP_T09 apresenta valores superiores a 210 HV na filiação do centro e raiz. O teste P_APP_T01, que é o ensaio que se entende como o que apresenta mais cuidados adicionais, na soldadura, aqui aparece com um ponto de dureza inferior de 187 HV na filiação da face. Isso indica que, apesar de ser aplicado o ciclo térmico mais conservador, isso não inibe completamente a formação de pontos macios. Verificando as filiações do centro e da raiz, verificamos que os valores mínimos registados foram também de 203 e 202 HV, estando claramente inferior em mais de 20 HV ao valor do MB. O teste P_APP_T00 apresenta valores bastantes satisfatórios, no entanto, este teste é considerado inaceitável, devido a não ter sido realizado o tratamento térmico.

Tabela 60 – Valores de dureza (HV1) mínimos, média e desvio padrão registados em cada filiação para cada teste.

Teste		T00	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10
Face	Mín.	210	187	206	191	194	197	202	182	171	195	211
	Média	217	208	218	207	213	208	210	205	213	209	217
	σ	5	13	8	6	8	8	5	10	16	5	3
Centro	Mín.	215	203	206	210	213	190	210	197	202	211	211
	Média	224	218	218	216	221	208	216	207	217	217	219
	σ	6	8	7	4	5	9	3	7	8	3	5
Raiz	Mín.	214	202	204	170	191	199	212	195	204	214	202
	Média	219	214	213	208	213	212	221	205	217	221	213
	σ	4	7	6	16	10	8	4	6	6	4	6

Em termos de estabelecimento de uma relação entre os resultados obtidos em cada caso e os efeitos dos ciclos térmicos a que cada amostra foi sujeita, é algo que nesta fase de conhecimento se torna difícil de se elaborar. Estes pontos macios estão presentes nas soldaduras deste aço desde o seu desenvolvimento, e ainda não se sabe a origem e o porquê da sua formação. Pensa-se que podem ser formados pelo calor logo na etapa de pré-aquecimento, soldadura e por fim, tratamento térmico, capítulo 2.2.2.3. Segundo *William Newell*, vice presidente da *EUROWELD* e investigador, estes pontos macios são responsáveis por uma diminuição da resistência à fluência em cerca de 20% quando comparado com o MB não afetado, sendo formados, como já referido, na região de grão fino da ZTA. Refere também que nada pode ser feito em relação à sua formação, sendo que os processos e parâmetros de soldadura, composição química e tratamento térmico podem trazer um ligeiro aumento, pouco significativo, do valor da dureza. Para este caso de estudo, segundo o investigador citado, o conjunto de dados não indicam uma tendência clara que permita tirar conclusões, apenas que existem esses pontos macios e que se encontram na zona atrás referida.

3.4.5. Análise química

A análise química é também um ensaio que geralmente se utiliza nas qualificações de processos de soldadura. Permite verificar a diluição do material de adição no MB, ou seja, MF. Muitas vezes também pode ter outra função importante, pois atesta que os materiais de adição e também de base, não foram trocados.

3.4.5.1. Equipamentos utilizados

Neste ensaio foi utilizado um espectrómetro de emissão ótica por fonte de faísca da marca Spectro, modelo Spectrolab M8, Figura 187. Trata-se de um equipamento de laboratório, sendo que os valores de composição química lidos pelo mesmo são bastante fiáveis. A sua precisão varia de acordo com os elementos químicos e a liga de base dos matérias analisados. Permite a análise química em aços ao carbono, aços inoxidáveis e ligas de níquel. Pode analisar outros materiais, desde que preparado pelo fabricante para tal, como ligas de cobre e ferro fundido. Está equipado com três óticas que permitem ler dezoito elementos químicos, de entre os quais se destaca a capacidade para ler o Azoto, sendo este muito importante nos aços inoxidáveis duplex.



Figura 187 - Espectrómetro de emissão ótica, Marca: Spectro, Modelo: Spectrolab M8 (APPinho, 2014).

3.4.5.2. Realização do ensaio

Em soldaduras com este tipo de geometria, não é comum efetuar-se a análise química, pois a amostra é demasiado pequena e de secção circular, sendo que é necessário achatar a amostra e afagar a soldadura, para que se possa colocar no espectrómetro. Como o MF ocupa uma secção relativamente pequena, então pode-se estar a retirar informação à amostra, Figura 188.

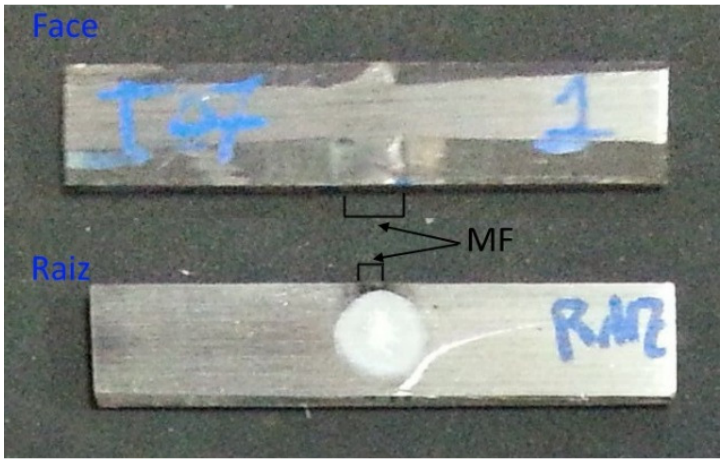


Figura 188 – Aspeto da faísca característica do processo de análise por espectrometria de emissão ótica, P_APP_T_07 (APPinho, 2014).

Na Tabela 61, encontram-se os valores das composições químicas fornecidos pelo fabricante dos materiais de base e materiais de adição utilizados. Na Tabela 62 encontra-se a análise química realizada ao teste P_APP_T00, na face e na raiz.

Tabela 61 - Composição química (% peso) indicada pelos fornecedores dos metais de base e adição utilizados.

Material	Desig.	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ni	Mo
Tubo 1	SA 213 T91	0,09	0,35	0,52	0,016	0,001	0,006	8,71	0,28	0,95
Tubo 2	SA 335 P91	0,10	0,29	0,50	0,017	0,001	0,009	8,60	0,17	0,98
Varetas (lote 1)	ER 90S B9	0,09	0,22	0,54	0,008	0,002	----	8,90	0,46	0,90
Varetas (lote2)	ER 90S B9	0,10	0,25	0,55	0,006	0,004	----	9,06	0,65	0,92
Material	**Desig.**	**V**	**Cu**	**W**	**Sn**	**Ti**	**Nb**	**N**	**Zr**	**Ni+Mn**
Tubo 1	SA 213 T91	0,21	----	----	----	0,002	0,067	0,047	0,002	----
Tubo 2	SA 335 P91	0,23	0,12	0,030	0,005	----	0,080	0,052	----	----
Varetas (lote 1)	ER 90S B9	0,22	0,14	----	----	----	----	----	----	1,00
Varetas (lote2)	ER 90S B9	0,20	0,11	----	----	----	----	----	----	1,20

No caso desta soldadura, as composições químicas entre o MB e o metal de adição são muito semelhantes, o que significa que a diluição não trará alterações significativas na composição do MF. Isso pode ser comprovado pelas análises químicas realizadas. No anexo XXVI encontram-se todos os relatórios de análises químicas realizados para todos os testes.

Tabela 62 - Análise química do teste P_APP_T_00, face e raiz.

Teste	Zona	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Nb
P_APP_T00	Face	0,0953	0,287	0,552	0,0067	<0.0006	8,882	0,478	0,871	0,0379
	Raiz	0,0909	0,302	0,531	0,0101	0,0008	8,895	0,424	0,885	0,0395
Teste	**Zona**	**Cu**	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
P_APP_T00	Face	0,2626	0,0097	0,0049	0,0039	0,0019	<0.0080	0,2224	0,0146	88,27
	Raiz	0,2273	0,0149	0,0048	0,0037	0,0029	<0.0080	0,2188	0,0156	88,33

3.4.6. Análise macrográfica

A análise macrográfica permite analisar a geometria, a distribuição do MB depositado na junta e também a presença de descontinuidades na zona de transição entre o MB e metal depositado, ou seja, na ZTA. Permite também verificar a quantidade de passes presentes na soldadura e também o tipo chanfro.

3.4.6.1. Equipamentos utilizados

Neste ensaio apenas se utilizou um *scanner*, da marca Hewlett-Packard e modelo ScanJet 8200, Figura 189, para digitalizar a amostra e passar o seu registo para formato digital, Figura 190. O trabalho realizado por este meio é suficiente pois permite que, após a aquisição da imagem possamos fazer ligeiras ampliações na mesma garantindo sempre a qualidade de imagem. Isto é possível pois a análise macrográfica não exige grandes ampliações, sendo que o limite imposto de ampliação máxima é de 10 vezes. O importante é sempre que se faça uma ampliação, o utilizador saiba em que escala a imagem está representada.



Figura 189 – Scanner utilizado para digitalizar as amostras: Hewlett-Packard ScanJet 8200 [107].

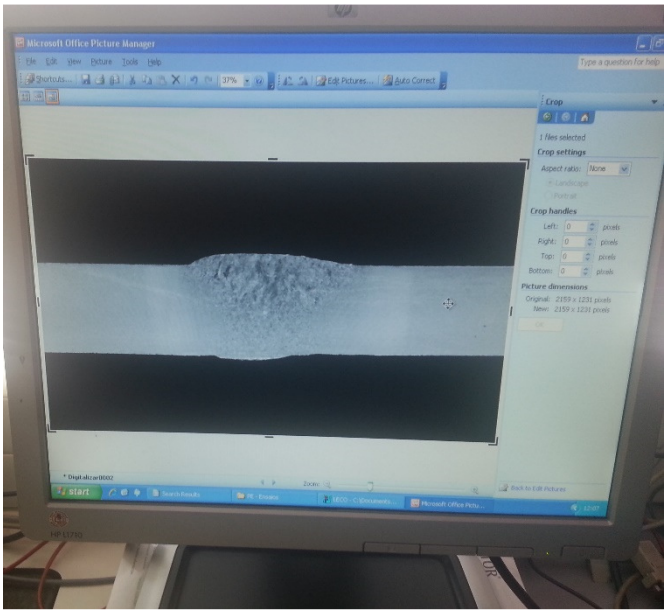
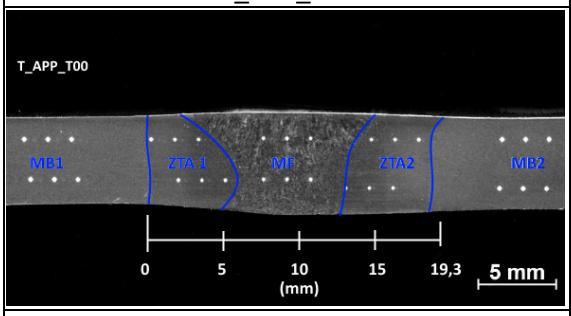
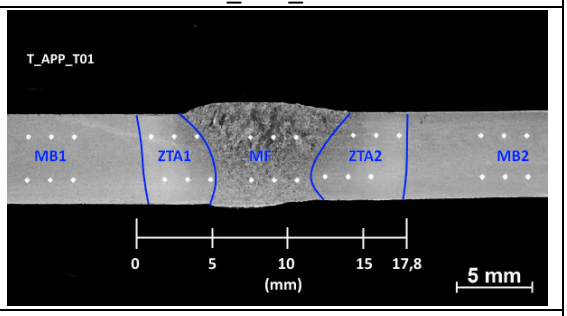
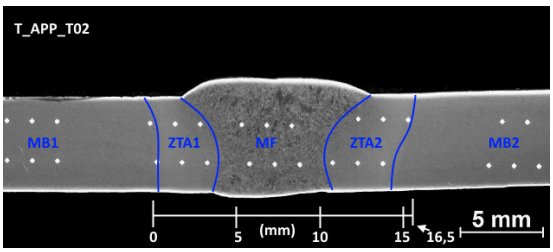
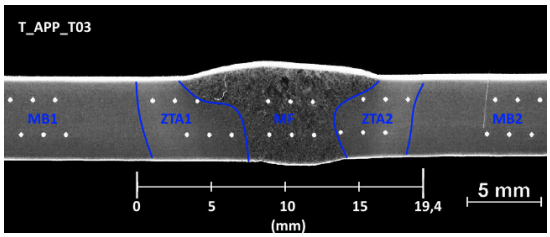
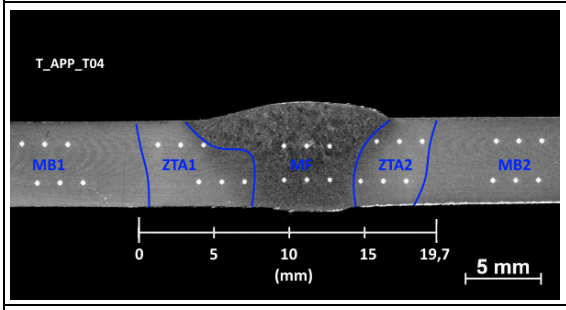
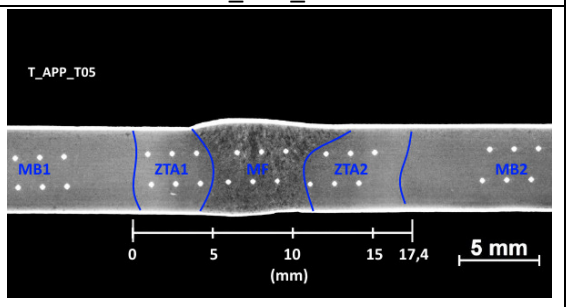
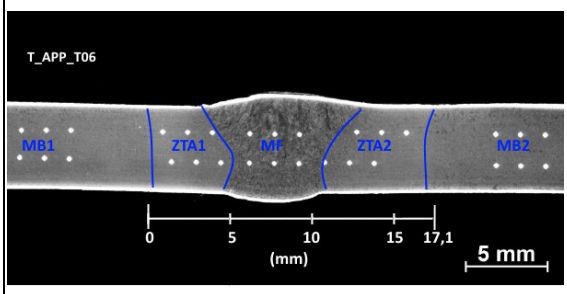
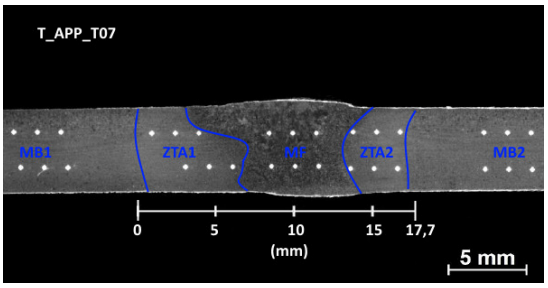
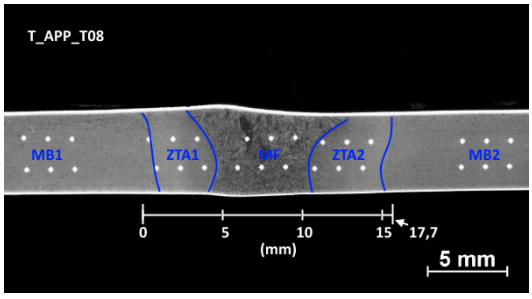
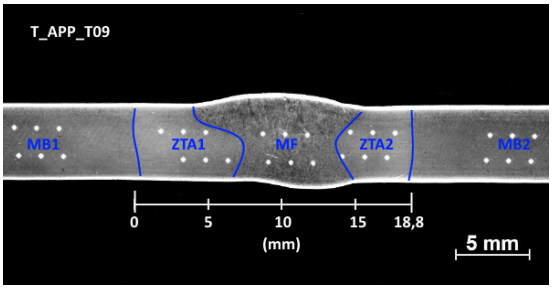


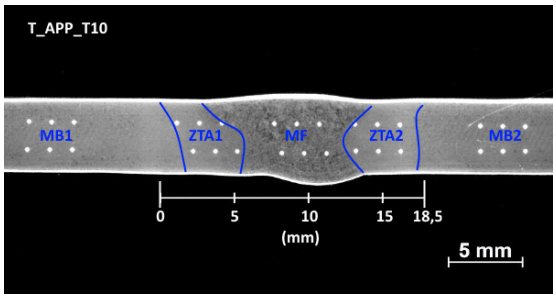
Figura 190 - Aspeto da amostra após digitalização em *scanner* (APPinho, 2014).

3.4.6.2. Realização do ensaio

Este ensaio exige uma preparação da superfície igual à que se faz quando se pretende efetuar microdurezas na secção transversal ou análise micrográfica, como já descrito no capítulo 3.4.4.2.2. Foi realizado segundo o código *ASME IX* [89]. Nesta análise foi dado destaque ao tamanho da ZTA e também observações relativas ao aspeto final da soldadura, quer na face, quer na raiz. Na Tabela 63, é possível verificar a imagem registada para cada ensaio. Os pontos de pequena dimensão que se vêm nas imagens são as indentações provocadas pelo ensaio de microdureza. É perfeitamente possível observar-se a definição entre MB, ZTA e MF, bem como uma fusão completa, livre de descontinuidades. Algumas amostras encontram-se com uma configuração da soldadura na face e/ou na raiz irregular/assimétrica, mas esse problema deve-se à posição de soldadura. No entanto, nenhuma soldadura apresenta uma superfície convexa e/ou concava com um valor superior a 1,5 mm, conforme referido no *ASME IX* [89].

Tabela 63 - Análise do ensaio de macrografia para a globalidade das amostras.

Macrografia	
P_APP_T00	P_APP_T01
	
P_APP_T02	P_APP_T03
	
P_APP_T04	P_APP_T05
	
P_APP_T06	P_APP_T07
	
P_APP_T08	P_APP_T09
	

P_APP_T10


Como pode ser observado nas análises macrográficas, é possível identificar a ZTA, MF e MB. Em termos gerais, o tamanho das ZTA e MF é muito similar em todas as amostras, sendo que se destaca com grande relevância a geometria dos cordões, em termos de altura do cordão e penetração. Isto deve-se aos motivos já descritos acima, sendo que os testes mais afetados são:

- P_APP_T00 – altura do cordão baixa;
- P_APP_T05 - altura do cordão baixa;
- P_APP_T07 - altura do cordão baixa;
- P_APP_T10 - altura do cordão baixa;
- P_APP_T08 - altura do cordão baixa e um deslizamento do cordão provocado pela posição de soldadura;
- P_APP_T04 - deslizamento do cordão provocado pela posição de soldadura.

Os restantes testes têm um aspeto da soldadura aceitável, quer na face, quer na raiz, sendo que se nota quase em todos um ligeiro deslizamento do cordão, que é característico da posição de soldadura utilizada. Este deslizamento é provocado pela alta temperatura gerada pelo processo de soldadura. Esta situação pode ser atenuada, sendo que para tal deve-se efetuar a soldadura em troços, ou seja, não se deve iniciar a operação e terminar apenas quando percorrida toda a periferia do tubo.

No que diz respeito a descontinuidades, estas não estão presentes em nenhuma das amostras observadas. Os relatórios da macrografia encontram-se no anexo XXVII.

3.4.7. Análise Micrográfica

A análise micrográfica tem como objetivo analisar a microestrutura que está presente nas amostras, permitindo assim verificar o tamanho de grão e sua distribuição. Este ensaio foi realizado pelo laboratório de materiais do ISQ, onde foi utilizado um microscópio ótico com uma ampliação de 500x, Figura 191.

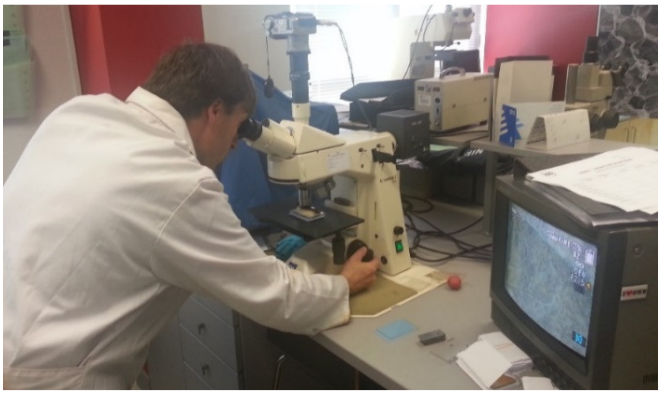


Figura 191 – Analise micrográfica no laboratório do ISQ (APPinho, 2014).

3.4.7.1. Equipamentos utilizados

O microscópio, Figura 192, da marca Carl Zeiss, modelo Axioskop 2 Mat, é um equipamento muito importante neste tipo de análises pois permite verificar a microestrutura do material. Neste trabalho, foi uma ferramenta também importante para verificar a influência dos ciclos térmicos na microestrutura do aço, quer no MF, quer na ZTA. Esta técnica de microscópia ótica é ideal para as seguintes aplicações: análise da microestrutura, análise do tamanho de grão, análise de partículas e identificação de vazios ou fissuras.



Figura 192 - Microscópio ótico – Carl Zeiss – Axioskop 2 Mat (APPinho, 2014).

3.4.7.2. Realização do ensaio

A amostra é a mesma que foi utilizada na medição da microdureza, no entanto a intenção do ataque neste ensaio foi revelar a estrutura, incrementando o contraste. O reagente utilizado foi o *Vilella,* ver capitulo 3.4.4.2.2. Este reagente é ideal para identificar as fases delta e sigma, sendo também ideal para revelar carbonetos em contorno de grão austenítico.

Esta análise é muito importante, pois permite avaliar o estado em que o material se apresenta, e se o mesmo irá estar apto para suportar as condições de fluência para o qual está destinado. Este ensaio, juntamente com o de dureza, são os que mais importância têm na avaliação destas soldaduras. O ensaio foi realizado segundo a Norma *EN* 1321 (*Destructive test on welds in metallic materials - Macroscopic and microscopic examination of welds*) [108].

Seguidamente estão apresentadas as análises da micrografia dos testes, sendo que estão identificadas a ZTA, o MF e o MB conforme a Figura 193. As fotográficas das análises ao MB não são alvo de estudo detalhado, uma vez que este não sofreu alteração. Todos os registos se encontram no anexo XXVIII, onde é possível ver as micrografias de cada zona, MB, ZTA e MF, para cada teste, com maior ampliação.

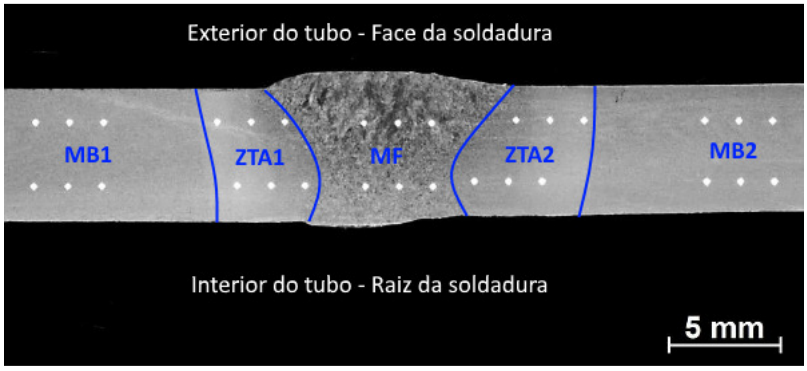
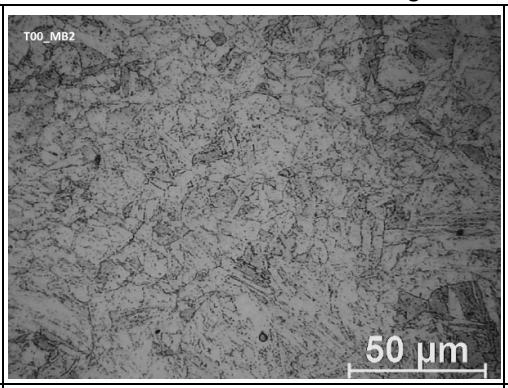
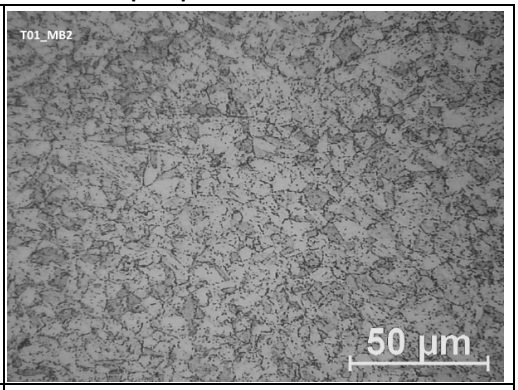
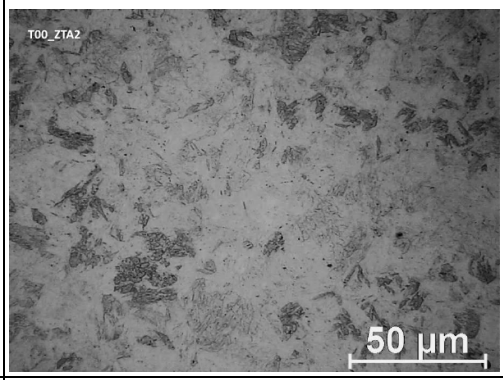
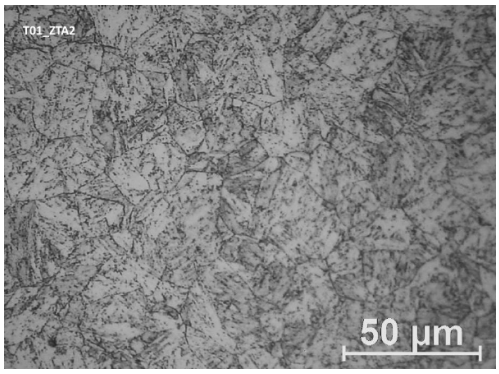
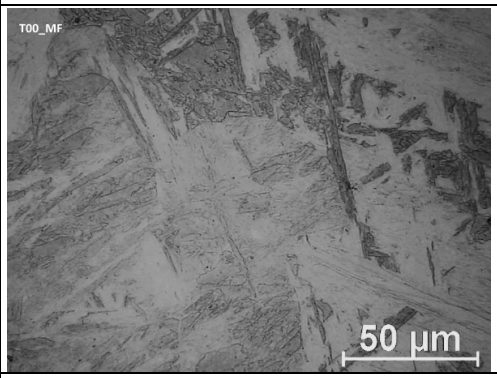
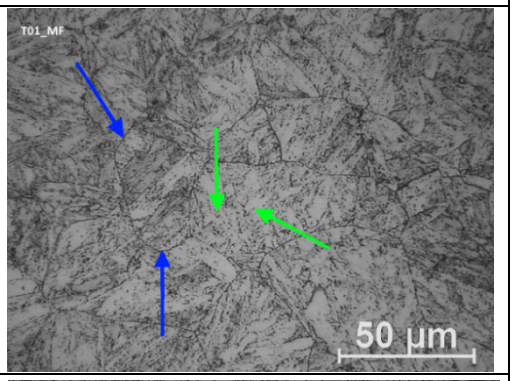
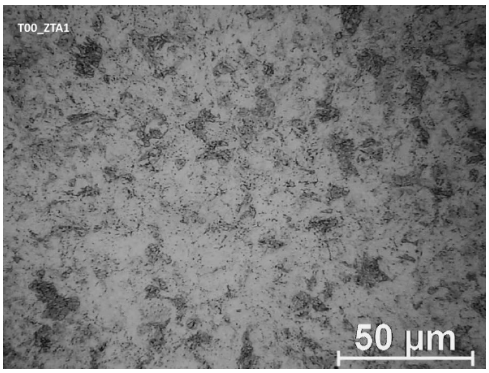
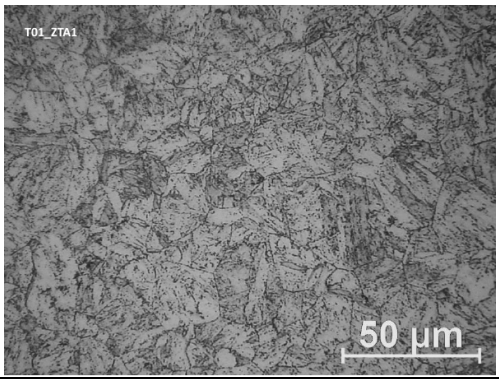
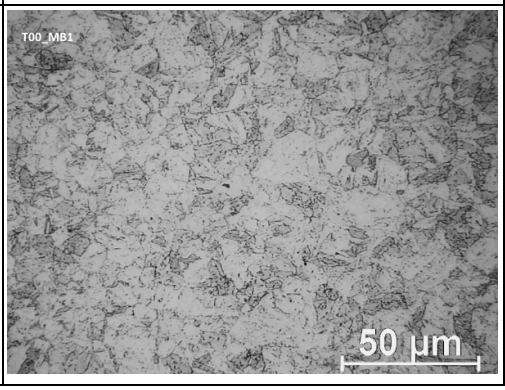
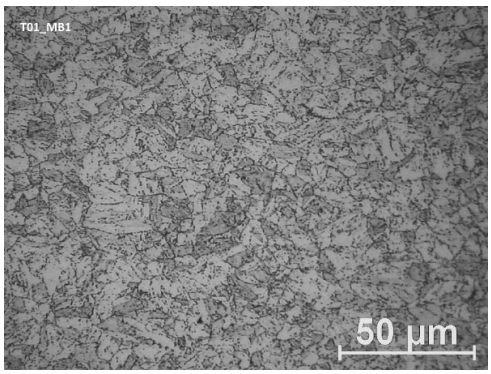


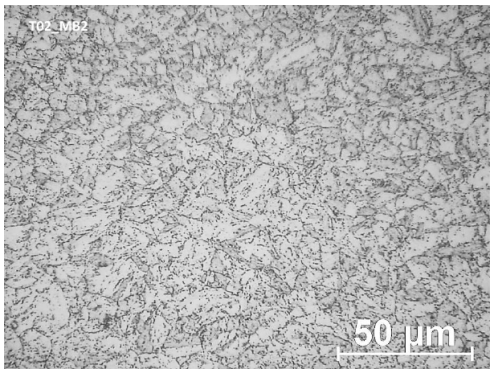
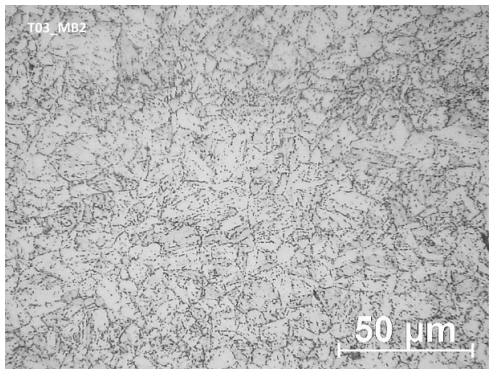
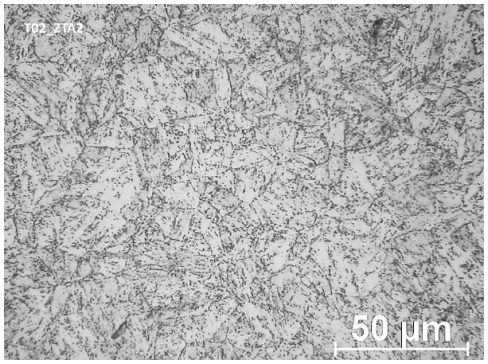
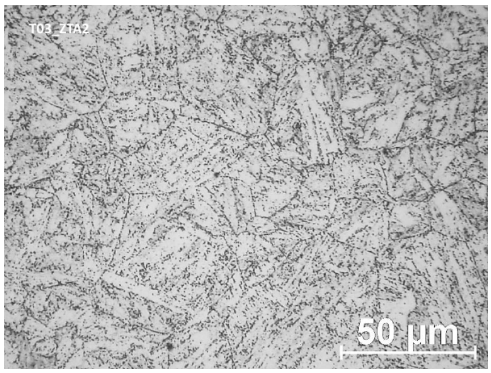
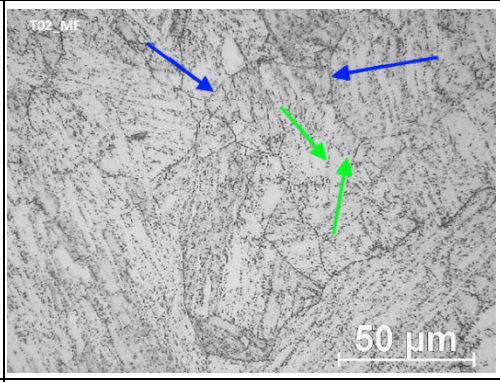
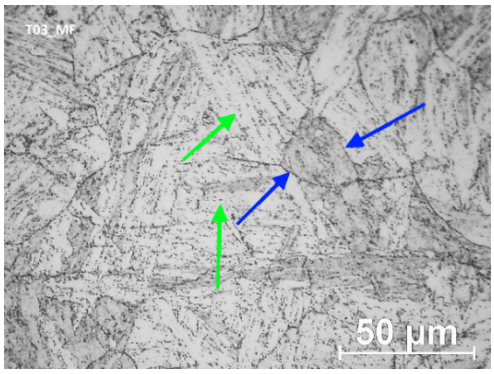
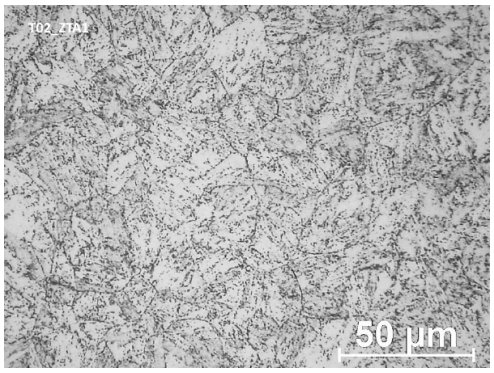
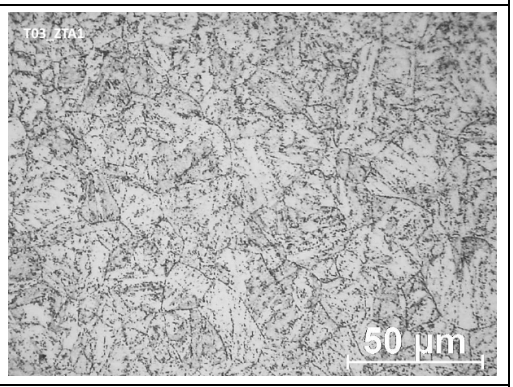
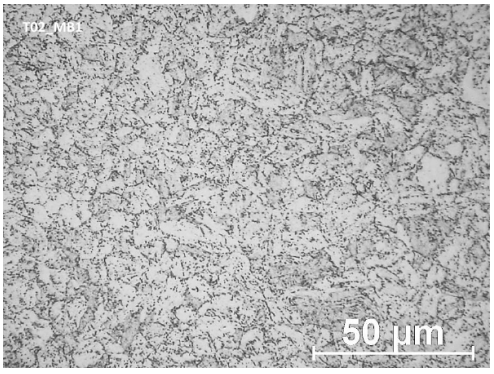
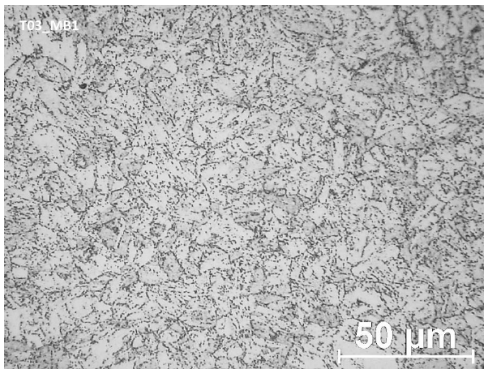
Figura 193 - Identificação das regiões, MB1, ZTA1, MF, ZTA2 e MB2 do teste P_APP_T01.

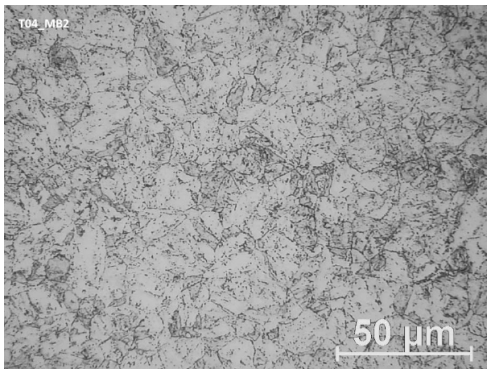
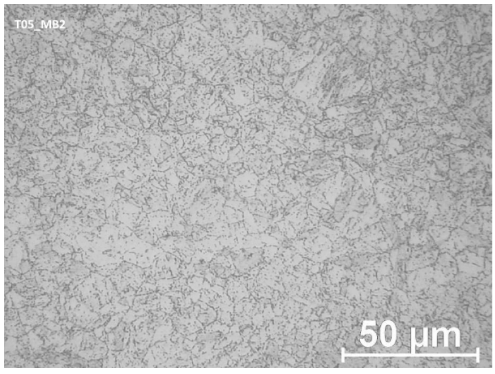
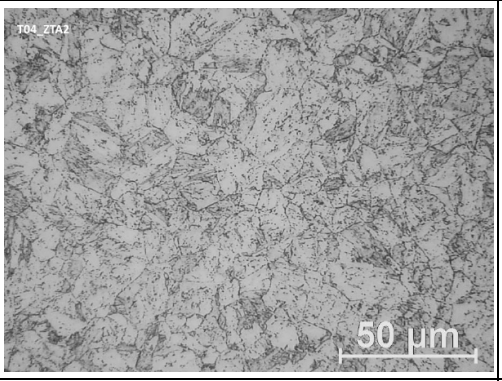
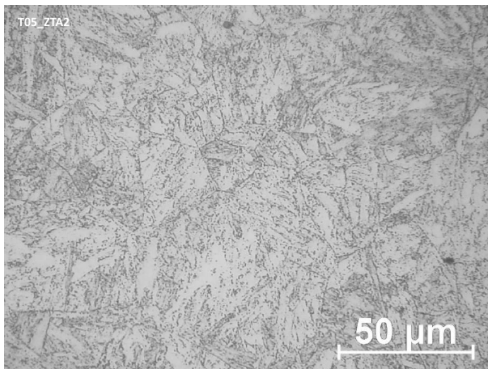
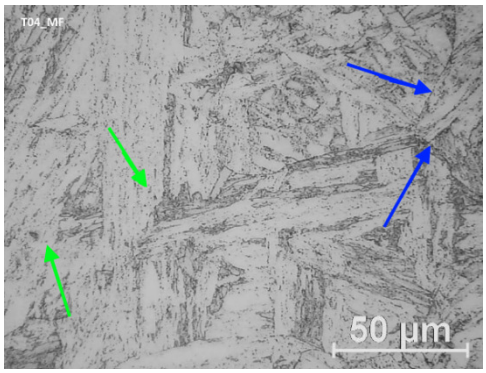
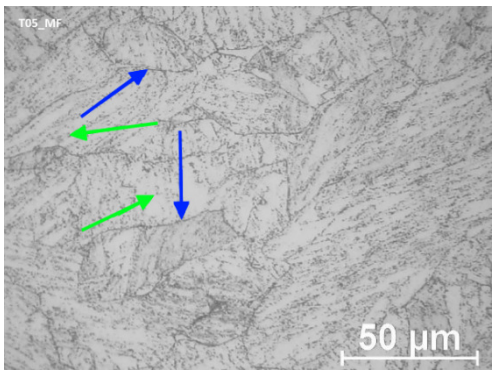
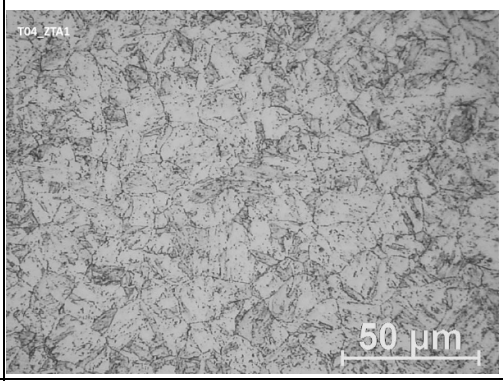
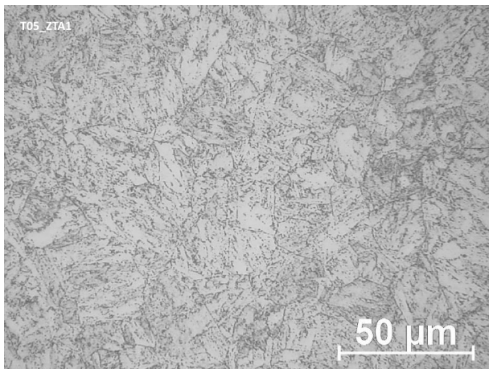
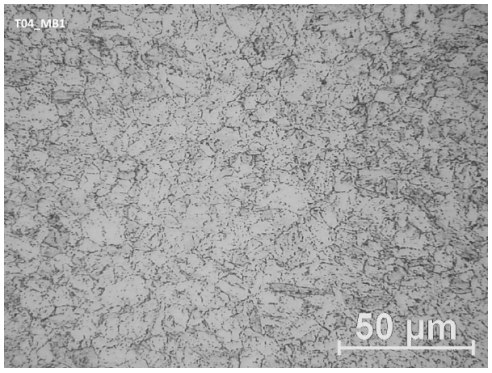
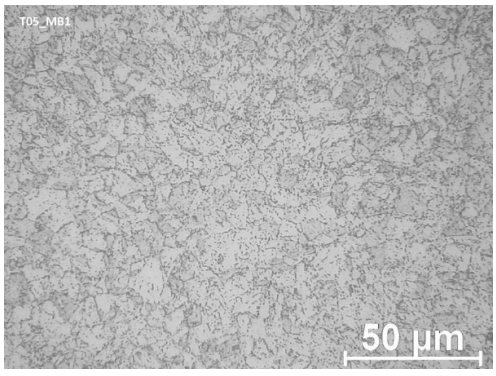
3.4.7.3 Análise Micrográfica – Registo fotográfico MB1, ZTA1, MF, ZTA2, MB2

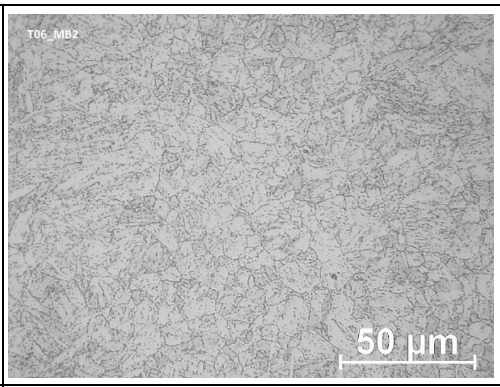
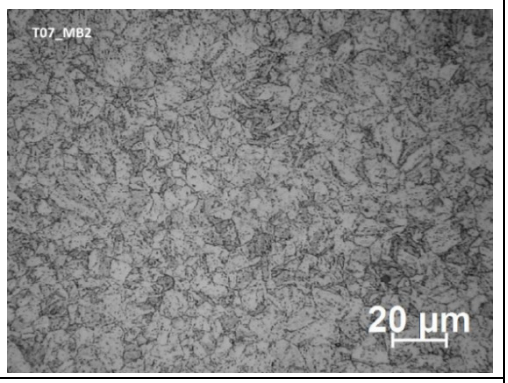
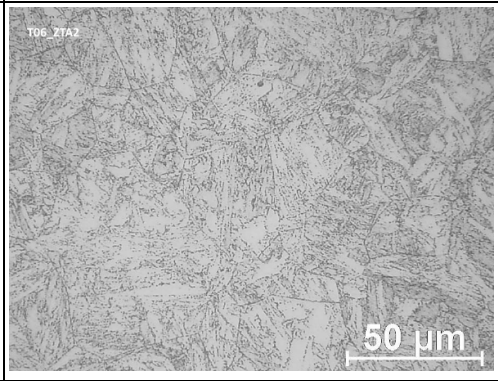
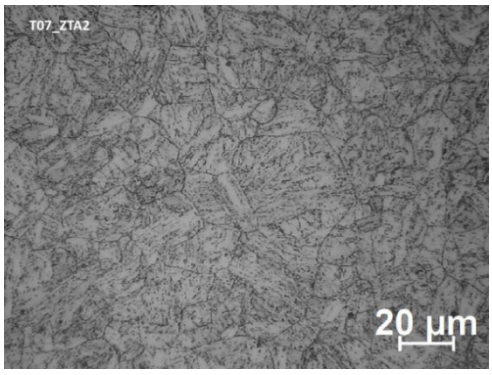
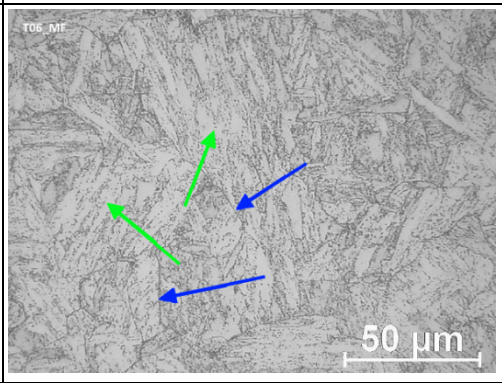
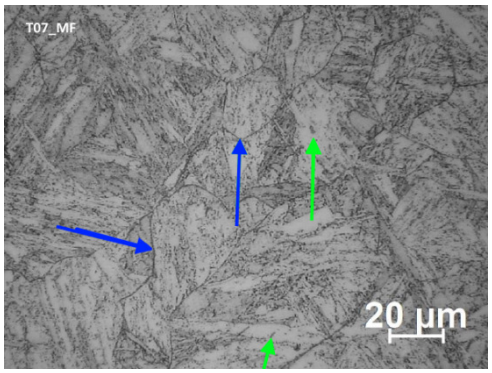
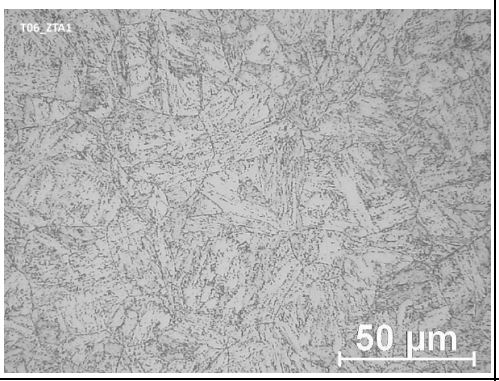
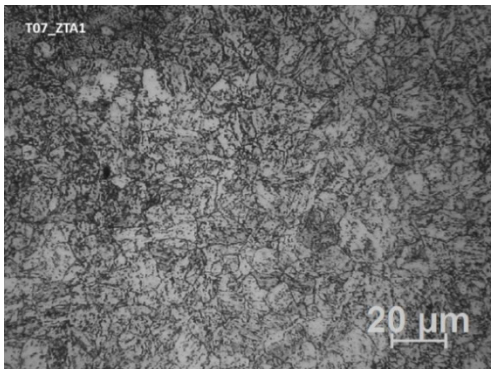
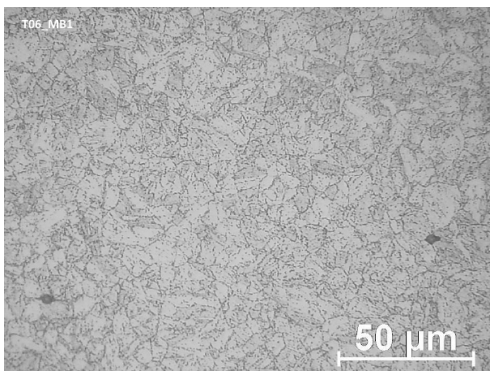
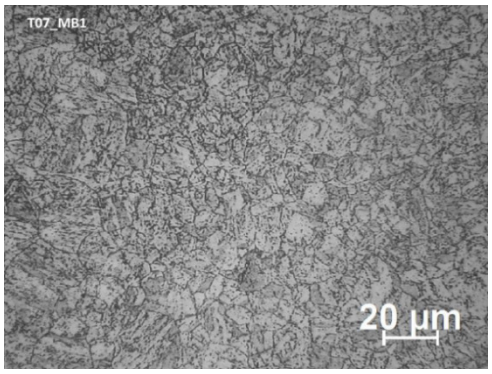
Na Tabela 64, encontram-se os registos micrográficos das diferentes estruturas correspondentes às amostras testadas, para MB1, ZTA1, MF, ZTA2 e MB2. Na imagem relativa ao MF, para cada teste, a seta de cor azul assinala fronteiras de grão e a verde assinala precipitados. Para melhor compreensão da microestrutura consultar o capítulo 2.1.5.

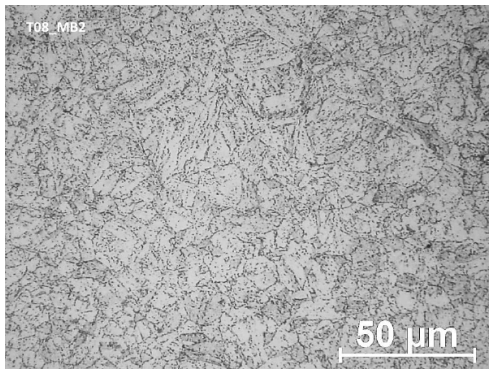
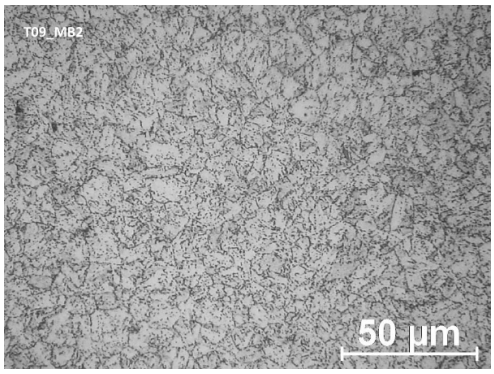
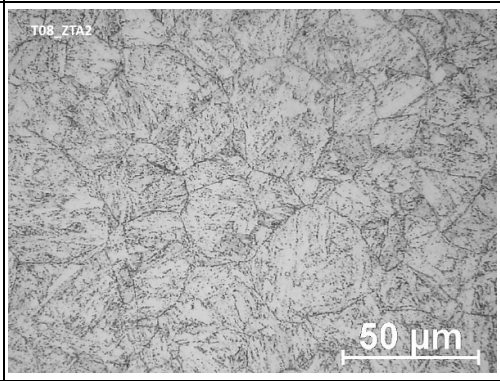
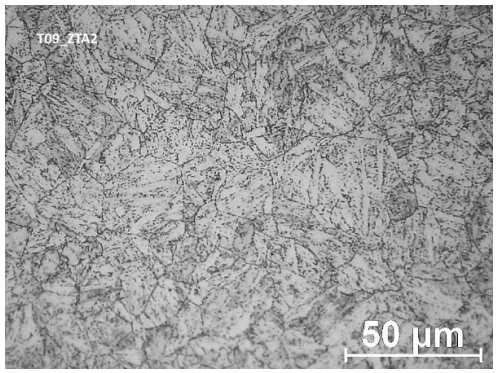
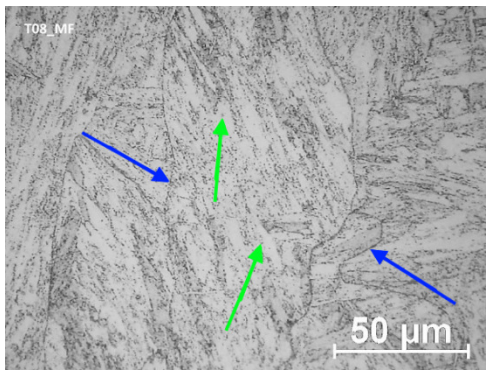
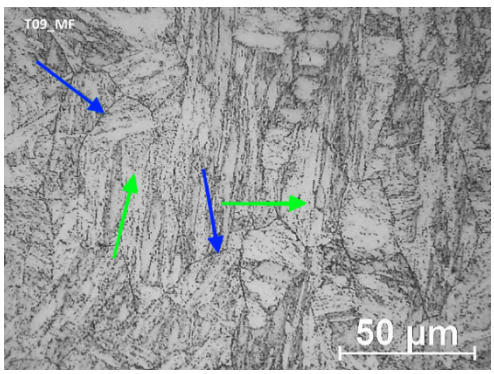
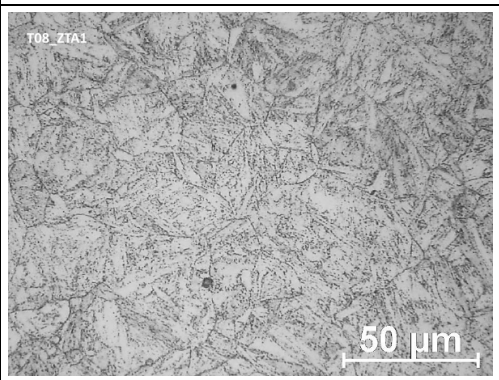
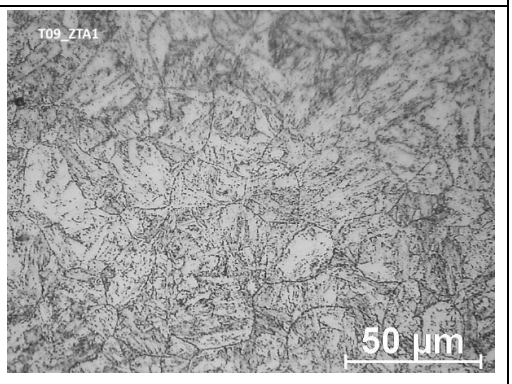
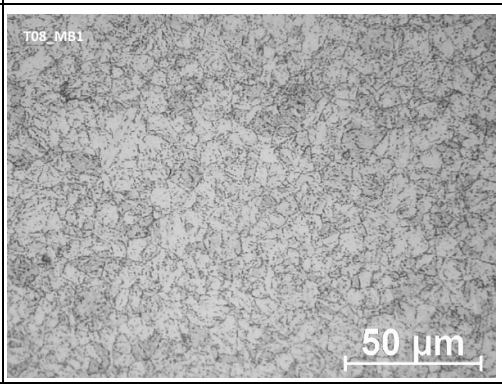
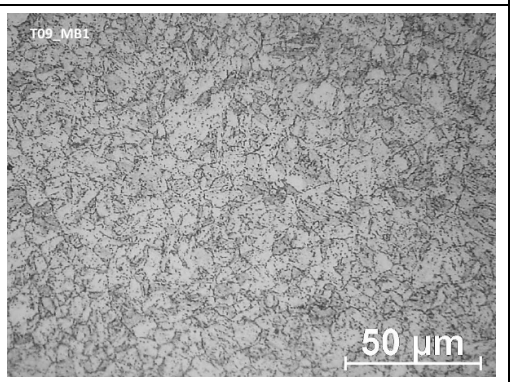
Tabela 64 – Registo das micrografias MB1, ZTA1, MF, ZTA2 e MB2 das diferentes amostras. A seta de cor azul assinala fronteiras de grão e a seta verde assinala precipitados.

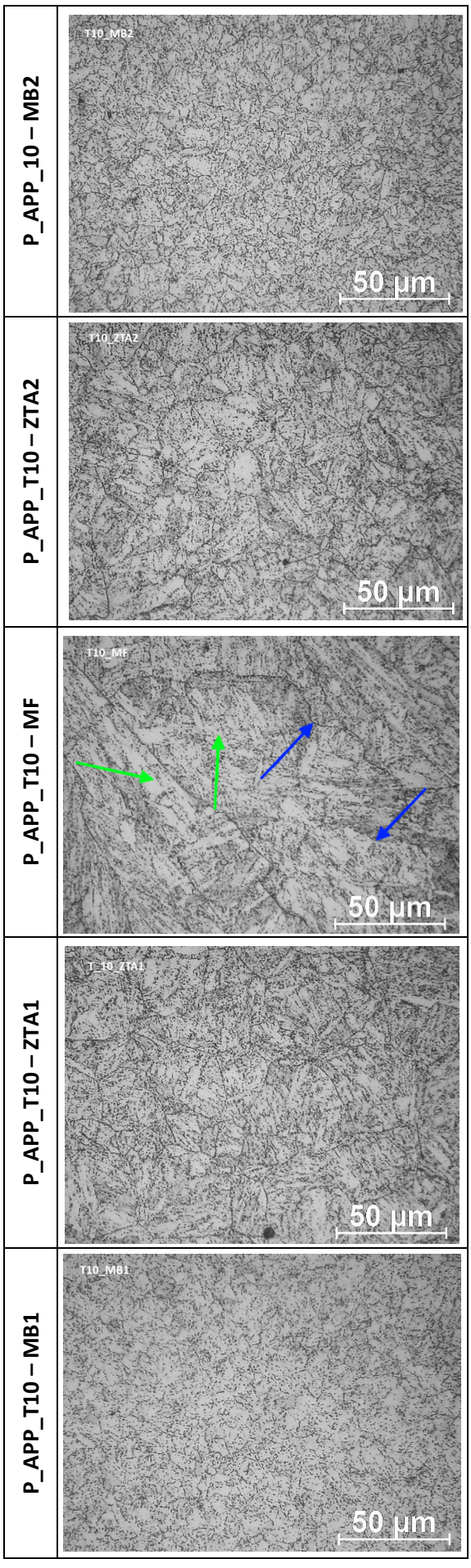
P_APP_T00 – MB2		P_APP_T01 – MB2	
P_APP_T00 – ZTA2		P_APP_T01 – ZTA2	
P_APP_T00 – MF		P_APP_T01 – MF	
P_APP_T00 – ZTA1		P_APP_T01 – ZTA1	
P_APP_T00 – MB1		P_APP_T01 – MB1	

P_APP_T02 – MB2		P_APP_T03 – MB2	
P_APP_T02 – ZTA2		P_APP_T03 – ZTA2	
P_APP_T02 – MF		P_APP_T03 – MF	
P_APP_T02 – ZTA1		P_APP_T03 – ZTA1	
P_APP_T02 – MB1		P_APP_T03 – MB1	

P_APP_T04 – MB2		P_APP_T05 – MB2	
P_APP_T04 – ZTA2		P_APP_T05 – ZTA2	
P_APP_T04 – MF		P_APP_T05 – MF	
P_APP_T04 – ZTA1		P_APP_T05 – ZTA1	
P_APP_T04 – MB1		P_APP_T05 – MB1	

P_APP_T06 – MB2		P_APP_T07 – MB2	
P_APP_T06 – ZTA2		P_APP_T07 – ZTA2	
P_APP_T06 – MF		P_APP_T07 – MF	
P_APP_T06 – ZTA1		P_APP_T07 – ZTA1	
P_APP_T06 – MB1		P_APP_T07 – MB1	

P_APP_T08 – MB2		P_APP_T09 – MB2	
P_APP_T08 – ZTA2		P_APP_T09 – ZTA2	
P_APP_T08 – MF		P_APP_T09 – MF	
P_APP_T08 – ZTA1		P_APP_T09 – ZTA1	
P_APP_T08 – MB1		P_APP_T09 – MB1	


P_APP_10 – MB2
T10_MB2
50 µm
P_APP_T10 – ZTA2
T10_ZTA2
50 µm
P_APP_T10 – MF
T10_MF
50 µm
P_APP_T10 – ZTA1
T_10_ZTA1
50 µm
P_APP_T10 – MB1
T10_MB1
50 µm

3.4.7.4 Análise Micrográfica – Analise dos resultados

Todas as micrografias apresentam uma microestrutura constituída por martensite revenida, que confere à ligação boas propriedades, exceto o teste P_APP_T00. Este tem uma microestrutura com martensite, mas não revenida, isto porque não foi realizado o *PWHT*.

Os testes P_APP_T01, P_APP_T02 e P_APP_T03 apresentam uma microestrutura muito semelhante, com tamanhos de grão idênticos entre si. Verifica-se a presença de precipitados ao longo das fronteiras de grão. O tamanho de grão típico na ZTA é de cerca de 20-30 μm, sendo que na zona do MF este aparece com um tamanho maior, chegando a verificar-se grãos com um tamanho de 60 - 70 μm. No teste P_APP_T01 os grãos aparecem mais definidos, assim como as placas de martensite revenida.

No teste P_APP_T04, em termos de ZTA, este é semelhante aos anteriores, apresentando um tamanho de grão médio ligeiramente inferior aos anteriores. No entanto, na zona do MF, este aparece com um comportamento estranho, sendo que os grãos não parecem estar definidos e a martensite aparece quase como que não revenida, dando a entender que tem uma microestrutura semelhante à do teste P_APP_T00, ou seja, sem revenido. No entanto, isso não aconteceu pois foi realizado um revenido e as medições efetuadas não revelaram durezas elevadas. Pode-se colocar a hipótese de a colheita da imagem não ter sido realizada num local representativo daquilo que seria a microestrutura dessa zona, já que é crítica a operação de colheita das imagens. No entanto, isso não foi colocado, porque quem fez a aquisição das imagens foi um laboratório Acreditado, sendo que tais observações não poderão ser postas em causa, quer para este, quer para os restantes ensaios. Apesar disso, também foi efetuada um varrimento da totalidade da amostra pelo autor deste trabalho, para verificar se a imagem adquirida era mesmo uma imagem representativa, que traduzisse efetivamente o estado da microestrutura. Com base em resultados já realizados, e também pela pesquisa bibliográfica efetuada, pode-se dizer que esta estrutura no MF não está de acordo com o que seria expectável.

O teste P_APP_T05, tal como o teste P_APP_T06, apresentam uma microestrutura na ZTA muito semelhante, notando-se claramente o grão bem definido, bem como a variação do seu tamanho. A presença de precipitados MX e $M_{23}C_6$ é também verificada, uma vez que estes obrigatoriamente são formados durante o revenido. Contudo, a sua perfeita distribuição e orientação não é possível de se verificar por esta técnica de análise, quer para este, quer para os restantes testes. Essa localização é muito importante, pois é a responsável pela enorme resistência à fluência típica deste material, conforme citado na parte teórica deste trabalho,

capitulo 2.1.5. Em relação à análise do MF nesta amostra, teste P_APP_T05, esta apresenta um grão bem definido, no entanto parece apresentar um tamanho maior que as restantes, e com um formato bastante irregular, dando ideia de um crescimento de grão quase como que desordenado.

O teste P_APP_T06 apresenta uma ZTA bastante semelhante ao P_APP_T05, sendo que no MF apresenta uma ligeira melhoria em relação ao formato do grão. Nota-se que também há zonas onde este não está perfeitamente definido.

O teste P_APP_T07 apresenta na ZTA1 um tamanho de grão bastante regular e com umas dimensões relativamente pequenas, o que é o ideal, mas ao analisarmos a ZTA2 verifica-se uma ligeira alteração do seu tamanho. Apesar disso, quando comparado o tamanho do grão com as amostras anteriores, este não apresenta nada de extraordinário. No MF, este apresenta um comportamento também muito semelhante ao teste P_APP_T06, notando-se apenas uma melhor definição dos contornos de grão.

O teste P_APP_T08 apresenta também uma ZTA típica daquilo que seria de esperar, realçando que na ZTA2 os grãos aparecem ligeiramente maiores. Este teste apresenta uma microestrutura na zona do MF completamente estranha. Um tamanho de grão irregular, dando a entender que certamente irá apresentar um comportamento à fluência inferior ao que seria de esperar.

Em termos de ZTA, os teste P_APP_T09 e P_APP_T10 são bastante semelhantes, apresentando um tamanho de grão regular, com pequenas variações de tamanho, sendo este bem definido. Em termos de MF, verifica-se que a amostra do teste P_APP_T09 tem uma melhor aparência em relação ao grão orientado e definido. Na amostra P_APP_T10 há uma certa discrepância relativamente de que supostamente seria o normal. Notam-se grãos grandes e pequenos, e com uma definição menos precisa do que a amostra P_APP_T09.

3.4.8. Análise da resistência à tração e características associadas

O ensaio de tração permite determinar a resistência mecânica da ligação, quando sujeita a esforços de tensão. Este ensaio é imprescindível na abordagem de uma ligação, quer seja por soldadura quer por outro método de ligação. Neste caso, foram realizados ensaios de tração à temperatura ambiente, 20°C, e a alta temperatura, 600°C, de onde foi retirada a tensão de cedência, rotura e alongamento. Geralmente, para os ensaios de tração em provetes de soldadura, apenas é exigido o valor da tensão de rotura, porque se entende que se o valor de rotura cumprir com o especificado, a ligação é aceitável. O mesmo não se aplica para ensaios em materiais de base. No ensaio à temperatura ambiente, foram ensaiados dois provetes por teste, enquanto no ensaio a 600°C foi ensaiado apenas um provete por teste.

3.4.8.1. Tração temperatura ambiente

3.4.8.1.1. Equipamentos utilizados

Este equipamento é utilizado para determinar a resistência mecânica da ligação. É possível determinar-se o valor da tensão de cedência, tensão de rotura e alongamento. Estes são os parâmetros mais importantes para o estudo, no que diz respeito ao ensaio de tração para este trabalho. O equipamento utilizado estava situado no laboratório do ISQ, da marca Instron, com o modelo 4208, Figura 194. Este equipamento tem uma célula de carga de 300 kN.



Figura 194 - Equipamento de ensaio de tração, INSTRON-4208 [109].

3.4.8.1.2. Realização do ensaio

Os provetes para o ensaio de tração foram retirados na secção transversal da soldadura e foram preparados segundo o *ASME IX:2013 – QW 150*, imagem QW-462.1(c), Figura 105 [89]. O mesmo código refere como valor mínimo de tensão de rotura 585 MPa (P-Nº 15E), sendo este o mesmo valor exigido para o MB. Em relação à tensão de cedência e alongamento, o código não especifica nenhum valor mínimo. O código *ASME B31.3 – Process Piping,* refere como mínimo de tensão de cedência 413 MPa, e para tensão de rotura 586 MPa [85].

Na Tabela 65 encontram-se os valores do ensaio de tração para o MB, indicados pelo fornecedor. O tubo 1 foi utilizado nos ensaios P_APP_T00 até ao teste P_APP_T04. O tubo 2 foi utilizado nos testes P_APP_T05 até ao teste P_APP_T10. Na Tabela 66 estão os resultados para os ensaios de tração de todos os provetes.

Tabela 65 - Valores da Tensão de Cedência, Rotura e Alongamento dos MB, indicada pelo fornecedor.

	Fornecedor	**Designação**	**Dimensões (mm)**	**$Rp_{0,2}$ (MPa)**	**Rm (MPa)**	**A (%)**
Tubo 1	TPS Techntube	SA 213 T91	Ø 48,3 x 5,0	585	709	32,0
Tubo 2	Vallourec	SA 335 P91	Ø 48,3 x 5,08	521	693	25,2

Em todos os provetes sujeitos a ensaio, a rotura deu-se no MB, numa zona relativamente afastada da região de soldadura, Figura 195. Os mesmos também apresentam uma fratura dúctil, mesmo os que apresentam um menor alongamento. No teste P_APP_T04 houve um problema, por parte do laboratório com as duas amostras, sendo que depois foi enviada uma terceira amostra para repetição do ensaio. Não foi possível o envio de duas amostras porque não havia mais material disponível.



Figura 195 - Provetes após ensaio de tração, teste P_APP_T04 (APPinho, 2015).

Tabela 66 - Resultados do ensaio de tração à temperatura ambiente.

Teste		$Rp_{0,2}$ (MPa)	Rm (Mpa)	A (%)	Teste		$Rp_{0,2}$ (Mpa)	Rm (Mpa)	A (%)
T00	1º	575	711	14,1	**T06**	1º	479	632	15,6
	2º	542	681	14,8		2º	506	671	17,6
	Média	**559**	**696**	**14,5**		**Média**	**493**	**652**	**16,6**
	σ	16,5	15	0,4		σ	13,5	19,5	1,0
T01	1º	533	699	23,8	**T07**	1º	526	695	13,3
	2º	518	693	25,7		2º	524	696	8,5
	Média	**526**	**696**	**24,8**		**Média**	**525**	**696**	**10,9**
	σ	7,5	3,0	0,9		σ	1,0	0,5	2,4
T02	1º	512	665	17,6	**T08**	1º	519	690	16,0
	2º	509	666	15,3		2º	510	673	14,2
	Média	**511**	**666**	**16,5**		**Média**	**515**	**682**	**15,1**
	σ	1,5	0,5	1,2		σ	4,5	8,5	0,9
T03	1º	511	548	17,3	**T09**	1º	508	673	14,6
	2º	507	548	17,8		2º	515	683	15,2
	Média	**509**	**548**	**17,6**		**Média**	**512**	**678**	**14,9**
	σ	2,0	0,0	0,3		σ	3,5	5,0	0,3
T04	**1º**	**478**	**633**	**16,6**					
T05	1º	504	672	17,4	**T10**	1º	502	665	15,7
	2º	515	684	19,8		2º	541	692	13,5
	Média	**510**	**678**	**18,6**		**Média**	**522**	**679**	**14,6**
	σ	5,5	6,0	1,2		σ	19,5	13,5	1,1

No Gráfico 34, Gráfico 35 e Gráfico 36 são apresentados respetivamente os resultados da tensão de cedência, tensão de rotura e alongamento.

Com base no Gráfico 34, para os valores da tensão de cedência, é possível verificar-se que o teste que mais se destaca é o teste P_APP_T00, sendo que o teste P_APP_T04, é o que apresenta o valor mais baixo. Os restantes testes apresentam valores com alguma variação entre si, mas com menos destaque.

Atendendo agora à rotura, Gráfico 35, o teste P_APP_T00 volta a apresentar um bom comportamento. Os testes P_APP_T01, P_APP_T05, P_APP_T07, P_APP_T08, P_APP_T09 e P_APP_T10 também apresentam alguns dos valores mais elevados. O teste P_APP_T03 é o que apresenta o menor valor de rotura, sendo apenas ligeiramente maior que a sua tensão de cedência.

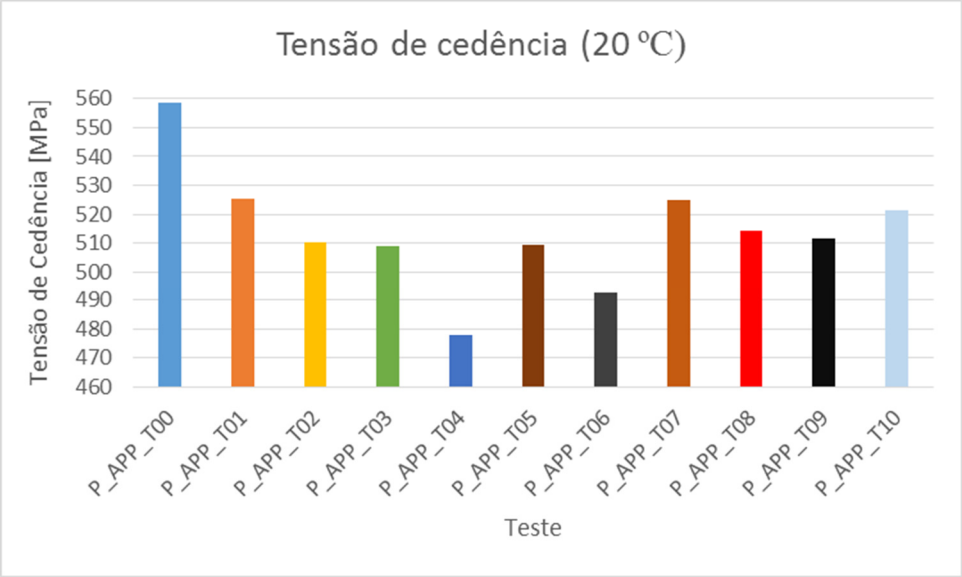


Gráfico 34 - Tensão de cedência medida à temperatura ambiente nos provetes soldados.

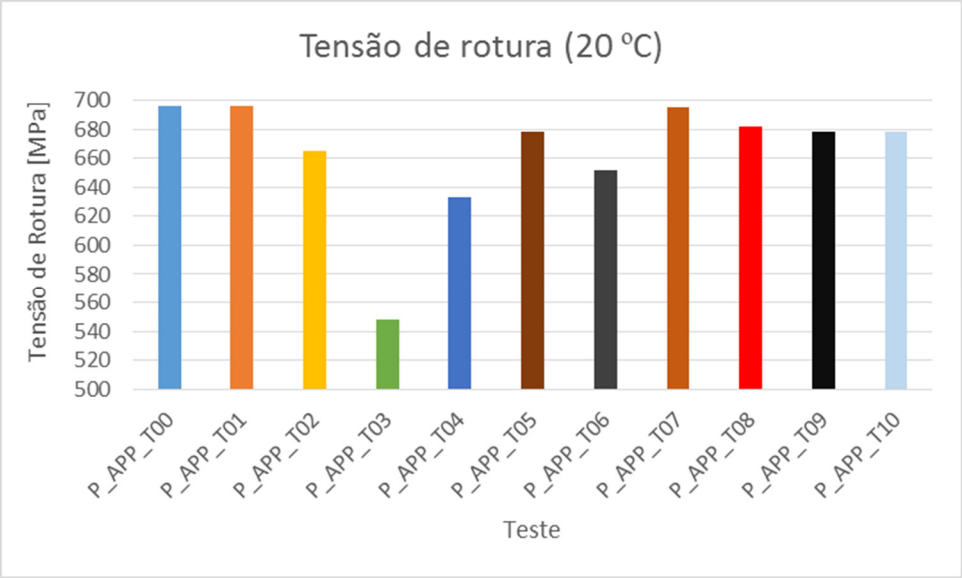


Gráfico 35 - Tensão de rotura medida à temperatura ambiente nos provetes soldados

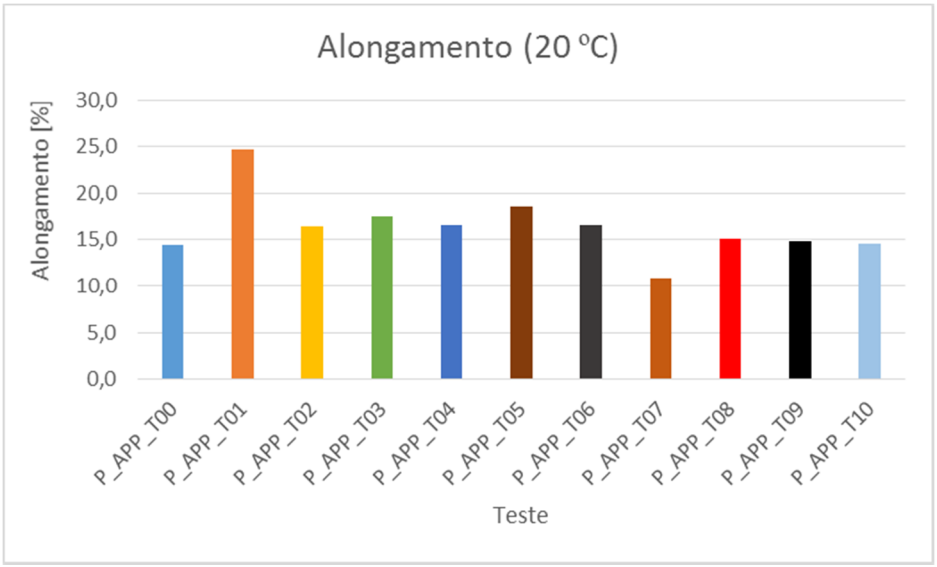


Gráfico 36 - Alongamento medido à temperatura ambiente nos provetes soldados.

Por fim, no alongamento, Gráfico 36, verifica-se que o valor mais elevado é atingido pelo provete do teste P_APP_T01. Os restantes testes apresentam valores inferiores a 20%. O teste que apresenta um menor alongamento é o P_APP_T07.

Fazendo uma análise com base nas três grandezas quantificadas no ensaio de tração, Gráfico 37, podem ser efetuadas várias interpretações. A primeira observação que desperta grande curiosidade está no teste P_APP_T00. Como referido neste ensaio não foi realizado pré-aquecimento, pós-aquecimento e *PWHT*. Portanto, era suposto que este teste apresentasse valores muito inferiores no ensaio de tração. Este possui uma ótima tensão de cedência e rotura, contudo apresenta um baixo alongamento. O teste P_APP_T04 é o que apresenta a tensão de cedência mais baixa, mas em contraste, a sua tensão de rotura já apresenta um valor mais elevado. O Teste P_APP_T03 apresenta uma tensão de rotura inferior ao que é especificado como mínimo no código *ASME IX*, sendo que podemos considerar que este teste deverá ser rejeitado com base no ensaio de tração. Em relação ao alongamento, o teste P_APP_T01 é o que apresenta valores idênticos aos valores inicialmente observados no MB, no estado de "como recebido".

Com base na análise dos valores, Gráfico 37, pode ser verificado que o teste P_APP_T01 é o que apresenta o melhor conjunto de valores, aliando uma ótima resistência mecânica a um elevado alongamento. Este teste foi o que teve maiores cuidados na realização da operação de soldadura. Foi aplicado pré-aquecimento, pós-aquecimento e *PWHT*, como referido na maior parte da literatura e também como aplicado por muitas empresas de engenharia, como por exemplo *ALSTOM* e *Uhde* [65, 85, 99, 102].

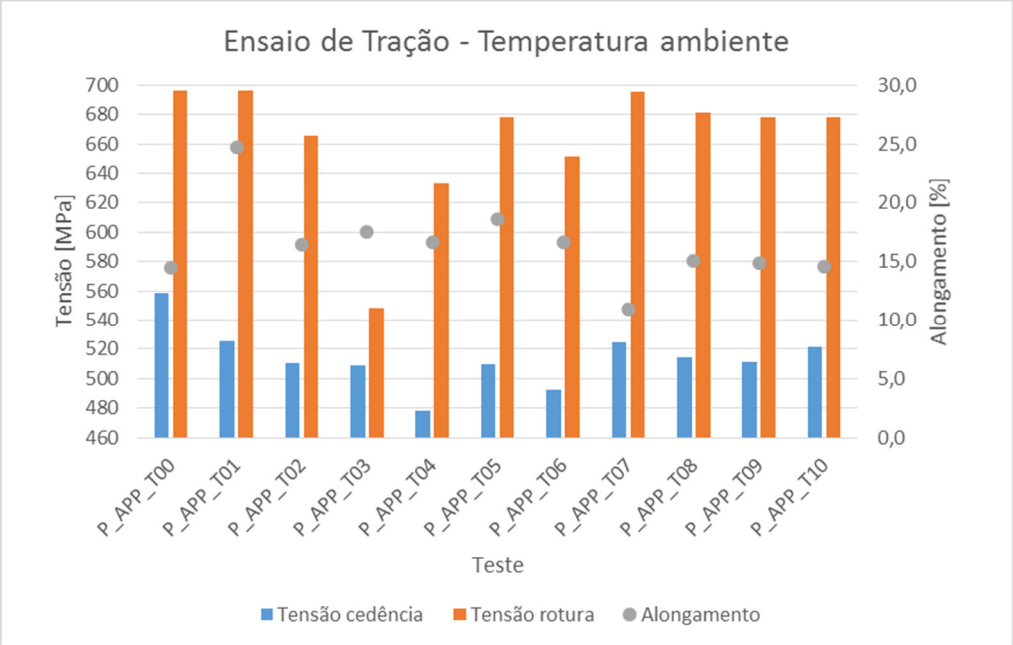


Gráfico 37 - Resultados do ensaio de tração realizado à temperatura ambiente. Escala da esquerda representa a tensão de cedência e de rotura, na escala da direita está representado o alongamento.

Na Tabela 67 estão ordenados os testes que melhor relação apresentam entre os três valores: cedência, rotura e alongamento. Foi atribuída uma percentagem de 60% para a tensão de rotura, 25% para a cedência e 15% para o alongamento. A rotura aparece com maior percentagem, porque segundo a maior parte dos códigos de construção, apenas colocam como requisito o valor mínimo de rotura para as soldaduras.

Tabela 67 - Ensaio de tração à temperatura ambiente: relação entre os três valores.

Teste	$Rp_{0,2}$ (MPa)		Rm (MPa)		A (%)		
	Valor	Pts	Valor	Pts	Valor	Pts	Pts Total
P_APP_T01	526	10	696	11	24,8	11	10,75
P_APP_T00	559	11	696	11	14,5	2	9,65
P_APP_T07	525	9	696	11	10,9	1	9,00
P_APP_T08	515	7	682	10	15,1	5	8,50
P_APP_T10	522	8	679	9	14,6	3	7,85
P_APP_T05	510	4	678	8	18,6	10	7,30
P_APP_T09	512	6	678	8	14,9	4	6,90
P_APP_T02	511	5	666	7	16,5	7	6,50
P_APP_T06	493	2	652	6	16,6	8	5,30
P_APP_T03	509	3	548	4	17,6	9	4,50
P_APP_T04	478	1	633	5	16,6	8	4,45

Como se pode inferir da Tabela 68, através dos resultados obtidos nos testes P_APP_T06 e P_APP_T07, em que o único parâmetro alterado foi a velocidade no arrefecimento da soldadura, verifica-se que esta faz variar significativamente a resistência mecânica, com uma consequente degradação do alongamento. Comparando a amostra do teste P_APP_T02 com a P_APP_T07, entre as quais a diferença está em que a amostra P_APP_T02 teve seis meses de intervalo entre o momento da soldadura e o do tratamento térmico, verificou-se que este período pode ter sido útil para uma relaxação das tensões, as quais se traduziram num ligeiro decréscimo da resistência mecânica, mas, em compensação, houve uma melhoria significativa no alongamento registado.

O pré-aquecimento e pós-aquecimento durante a soldadura, poderão ser considerados dispensáveis à luz dos resultados obtidos com a amostra P_APP_T05. Nesta amostra, não tendo sido sujeita a pré-aquecimento e pós-aquecimento durante a soldadura, e tendo sido feito um *PWHT* similar à amostra P_APP_T01, a degradação da resistência mecânica e do alongamento são pouco significativas.

A realização do pós-aquecimento e tempo de transformação também podem ser dispensados, pois comparando o teste P_APP_T10 com o P_APP_T01, verificamos que os valores da resistência mecânica são semelhantes, destacando-se apenas que o teste P_APP_T10 apresenta um alongamento inferior. Conclusão idêntica pode ser tirada na comparação entre as amostras P_APP_T09 e P_APP_T01, onde a amostra P_APP_T09 não foi sujeita a pré-aquecimento, sendo que apenas apresenta um valor de alongamento ligeiramente menor do que o P_APP_T01. Estas observações foram realizadas apenas com base nos valores registados no ensaio de tração à temperatura ambiente. Os relatórios dos ensaios de tração realizados à temperatura ambiente encontram-se no anexo XXIX.

Tabela 68 – Resultados obtidos no ensaio de tração à temperatura ambiente em função dos ciclos térmicos.

	Ciclos térmicos				**Resultados do ensaio de tração.**		
Teste	**Pré-aque.**	**Pós-aque.**	**Tempo transf.**	***PWHT***	**Rp0,2 (MPa)**	**Rm (MPa)**	**A (%)**
P_APP_T00	Não	Não	Não	Não	559	696	14,5
P_APP_T01	Sim	Sim	Sim	Sim	526	696	24,8
P_APP_T02	Sim	Não (1)	Não	Sim (2)	511	666	16,5
P_APP_T03	Sim	Sim	Não	Sim (2)	509	548	17,6
P_APP_T04	Não	Sim	Sim	Sim	478	633	16,6
P_APP_T05	Não	Não	Não	Sim	510	678	18,6
P_APP_T06	Sim	Não	Não	Sim	493	652	16,6
P_APP_T07	Sim	Não (1)	Não	Sim	525	696	10.9
P_APP_T08	Sim	Sim	Não	Sim	515	682	15,1
P_APP_T09	Não	Sim	Sim	Sim	512	678	14,9
P_APP_T10	Sim	Não	Não	Sim (3)	522	679	14,6

1) Arrefecimento protegido com manta fibra de cerâmica. 2) Tratamento térmico realizado 6 meses após soldadura. 3) *PWHT* imediatamente após conclusão da soldadura, sem baixar a temperatura.

3.4.8.2 – Tração a alta temperatura

3.4.8.2.1. Equipamentos utilizados

O equipamento de ensaio de tração a alta temperatura, também do ISQ, é semelhante ao anterior, só que tem a particularidade de ter uma pequena mufla para que o ensaio possa ser realizado a uma determinada temperatura, geralmente elevada. Neste caso, a temperatura utilizada foi de 600°C. A marca do equipamento é Instron, sendo o modelo 8562, Figura 196. Está equipado com uma célula de carga de até 100 kN.



Figura 196 - Equipamento de ensaio de tração a alta temperatura, INSTRON-8562 (ISQ, 2014).

3.4.8.2.2. Realização do ensaio

O ensaio de tração a alta temperatura também é muitas vezes utilizado na indústria. No entanto, este não substitui os ensaios de fluência ou envelhecimento, pois aqui o provete encontra-se na condição de pós-fabrico, ou seja, sem qualquer tipo de desgaste devido a cargas ou temperaturas de serviço. O único agente a que está sujeito é à temperatura aplicada na realização do ensaio, que neste caso é de 600°C. As amostras foram executadas de acordo com a norma *ISO* 6892-2, Figura 106 [90]. Na Tabela 69 encontram se os valores indicados pelos fornecedores para o MB, quando ensaiado a 600°C. No entanto, só está disponível o valor para o tubo 2, usados nos ensaios P_APP_T05 até ao P_APP_T10.

Tabela 69 – Valores do ensaio de tração dos MB realizados à temperatura de 600°C, indica pelo fornecedor.

	Fornecedor	Designação	Dimensões (mm)	$Rp_{0,2}$ (MPa)	Rm (MPa)
Tubo 1	TPS Techntube	SA 213 T91	48,3 x 5,0	----	----
Tubo 2	Vallourec	SA 335 P91	48,3 x 5,08	320	365

Na Tabela 70, encontram-se os resultados apurados pelo ensaio para todos os testes. Neste ensaio foi realizado um provete para cada teste. À semelhança do ensaio de tração à temperatura ambiente, foram realizados gráficos para melhor análise dos resultados. O código *ASME B31.3 – Process Piping* refere como valor mínimo para a tensão de cedência de 71 MPa, a uma temperatura de 600°C [85]. Em determinados códigos esse valor pode ser mais elevado, passando a ser exigidos 215 MPa, mínimo. De qualquer forma, os resultados apresentados estão acima desses valores mínimos para ambos os códigos citados.

Tabela 70 – Resultados dos ensaios de tração a alta temperatura.

Teste	$Rp_{0,2}$ (Mpa)	Rm (Mpa)	A (%)
P_APP_T00	350	405	14,4
P_APP_T01	331	377	16,3
P_APP_T02	235	339	15,8
P_APP_T03	287	345	18,3
P_APP_T04	244	354	15,8
P_APP_T05	283	347	21,6
P_APP_T06	289	342	14,9
P_APP_T07	277	337	14,6
P_APP_T08	301	362	16,7
P_APP_T09	285	336	14,4
P_APP_T10	297	353	17,8

À semelhança do ensaio de tração à temperatura ambiente, estes provetes também apresentaram fratura no MB, sendo que ela descreve também um perfil dúctil, Figura 197.



Figura 197 – Provete após ensaio de tração a 600°C, teste P_APP_T04 (APPinho, 2015).

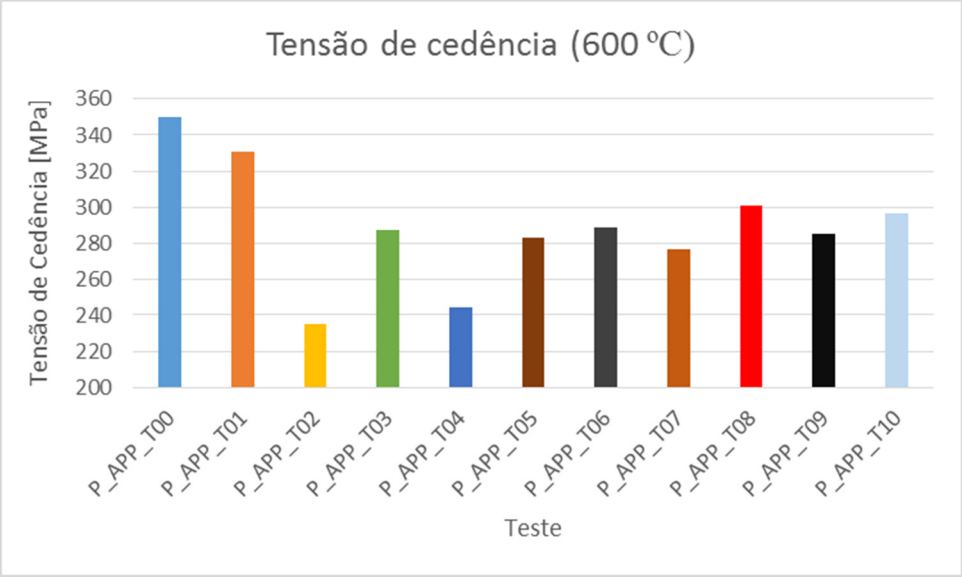


Gráfico 38 – Tensão de cedência medida a alta temperatura nos provetes soldados.

Na tensão de cedência, Gráfico 38, o teste P_APP_T00 volta a aparecer com o valor mais elevado, à semelhança da tração à temperatura ambiente. O teste P_APP_T01 aparece em destaque logo de seguida. Os testes P_APP_T02 e P_APP_T04 são os que apresentam valores inferiores. Os restantes testes apresentam valores semelhantes entre si, em termos de tensão de cedência.

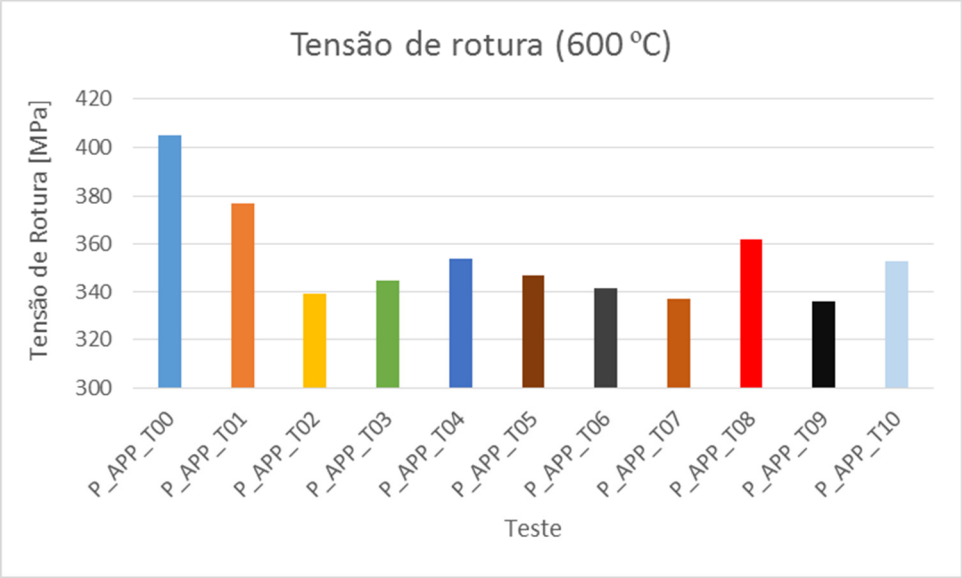


Gráfico 39 – Tensão de rotura medida a alta temperatura nos provetes soldados.

Na rotura, Gráfico 39, à semelhança dos resultados obtidos na tração à temperatura ambiente, os testes P_APP_T00 e P_APP_T01 são os que apresentam os melhores resultados, seguindo-se o teste P_APP_T08. O teste P_APP_T02, P_APP_T07 e P_APP_T09 são os que apresentam piores valores, no entanto com pouca diferença dos restantes. No alongamento, Gráfico 40, surge o teste P_APP_T05 com o maior valor registado, sendo que os restantes apresentam valores inferiores a 20%.

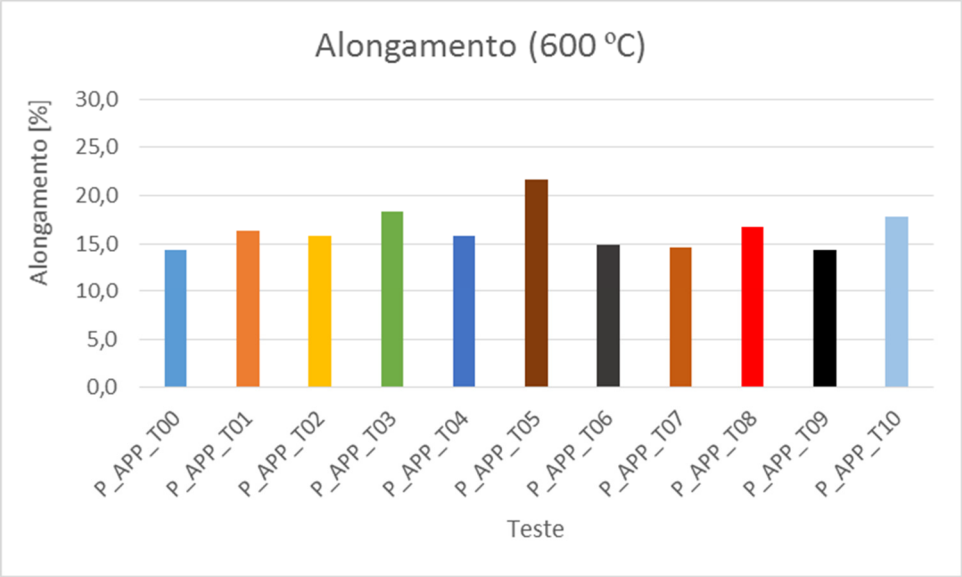


Gráfico 40 – Alongamento medido a alta temperatura nos provetes soldados.

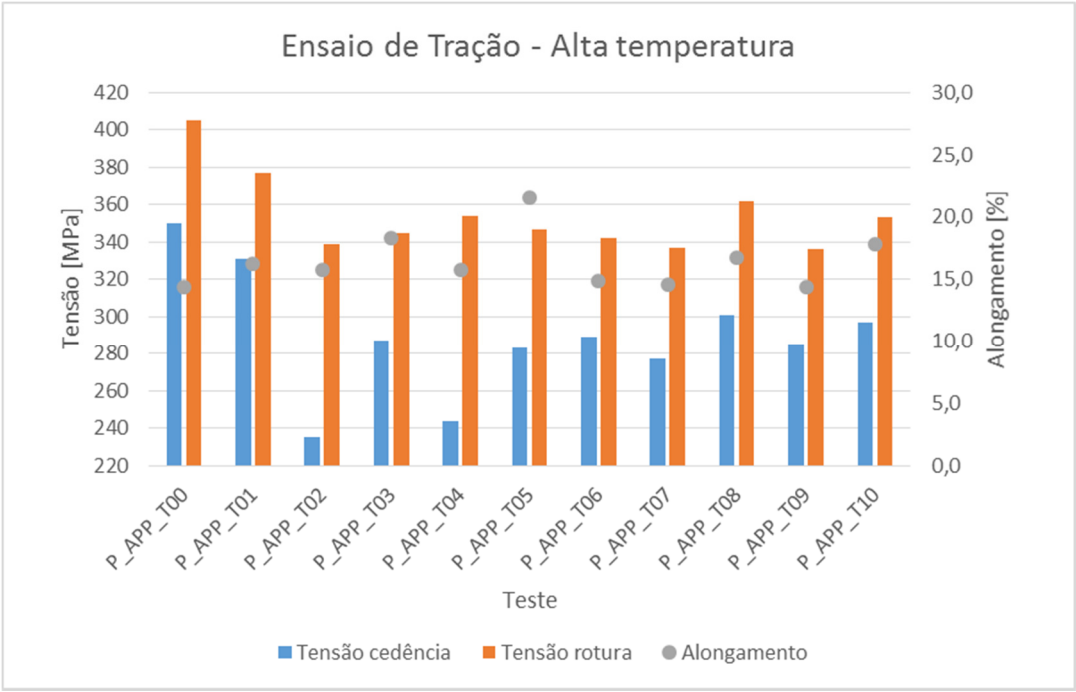


Gráfico 41 – Resultados do ensaio de tração realizado a alta temperatura. Escala da esquerda representa a tensão de cedência e rotura, na escala da direita está representado o alongamento.

Através do Gráfico 41 e Tabela 71, pode ser verificado que o teste P_APP_T00 é o que apresenta uma melhor relação entre a tensão de cedência, rotura e alongamento. O teste P_APP_T01 também apresenta uma boa relação, quando comparado com o P_APP_T00, mostrando uma melhoria ligeira no alongamento. No entanto, tem o valor das tensões de cedência e rotura inferiores às do teste P_APP_T00. Os testes P_APP_T07 e P_APP_T09 são os que apresentam piores relações, devido a apresentarem uma tensão de rotura mais baixa. Mais uma vez se verifica que o teste P_APP_T00, mesmo sem os cuidados adicionais de soldadura, volta a apresentar um bom comportamento à tração, e neste caso a uma temperatura elevada.

Tabela 71 – Ensaio de tração a alta temperatura relação entre relação aos 3 valores.

Teste	$Rp_{0,2}$ (Mpa)		Rm (Mpa)		A (%)		Pts Total
	Valor	Pts	Valor	Pts	Valor	Pts	
P_APP_T00	350	11	405	11	14,4	2	9,65
P_APP_T01	331	10	377	10	16,3	7	9,55
P_APP_T08	301	9	362	9	16,7	8	8,85
P_APP_T10	297	8	353	7	17,8	9	7,55
P_APP_T05	283	4	347	6	21,6	11	6,25
P_APP_T04	244	2	354	8	15,8	5	6,05
P_APP_T03	287	6	345	5	18,3	10	6,00
P_APP_T06	289	7	342	4	14,9	4	4,75
P_APP_T02	235	1	339	3	15,8	6	2,95
P_APP_T07	277	3	337	2	14,6	3	2,40
P_APP_T09	285	5	336	1	14,4	1	2,00

Fazendo o mesmo tipo de abordagem que no ensaio de tração à temperatura ambiente, entre a velocidade de arrefecimento diferente imposta aos testes P_APP_T06 e P_APP_T07, para este ensaio esse parâmetro não trouxe nenhuma alteração significativa, Tabela 72.

Verifica-se novamente que a não realização do pré-aquecimento, pós-aquecimento e tempo de transformação podem ser dispensados, pois comparando o comportamento do provete do teste P_APP_T05 com o do teste P_APP_T01, apesar de ter uma diminuição da resistência mecânica, apresenta o maior valor de alongamento registado. No entanto, a resistência mecânica do provete do teste P_APP_T01 é bem mais satisfatória. O tempo de transformação também pode ser retirado, pois comparando o teste P_APP_T08 com o P_APP_T01, os valores do ensaio são muito semelhantes.

Comparando também a realização do pós-aquecimento e tempo de transformação do P_APP_T01 com o P_APP_T10, à semelhança do que também aconteceu com o ensaio anterior, podemos dizer que estes ciclos podem ser retirados, e aplicados os ciclos realizados no teste P_APP_T10. A resistência mecânica apresentou uma ligeira diminuição nos valores das tensões, de cedência e rotura mas um ligeiro incremento do alongamento. Estas conclusões apenas foram retiradas tendo apenas em conta nos valores registados no ensaio de tração a alta temperatura. Os relatórios dos ensaios de tração a alta temperatura encontram-se no anexo XXX.

Tabela 72 – Resultados obtidos no ensaio de tração a alta temperatura em função dos ciclos térmicos.

	Ciclos térmicos				Resultados do ensaio de tração.		
Teste	**Pré-aque.**	**Pós-aque.**	**Tempo transf.**	***PWHT***	**Rp0,2 (Mpa)**	**Rm (Mpa)**	**A (%)**
P_APP_T00	Não	Não	Não	Não	350	405	14,4
P_APP_T01	Sim	Sim	Sim	Sim	331	377	16,3
P_APP_T02	Sim	Não (1)	Não	Sim (2)	235	339	15,8
P_APP_T03	Sim	Sim	Não	Sim (2)	287	345	18,3
P_APP_T04	Não	Sim	Sim	Sim	244	354	15,8
P_APP_T05	Não	Não	Não	Sim	283	347	21,6
P_APP_T06	Sim	Não	Não	Sim	289	342	14,9
P_APP_T07	Sim	Não (1)	Não	Sim	277	337	14,6
P_APP_T08	Sim	Sim	Não	Sim	301	362	16,7
P_APP_T09	Não	Sim	Sim	Sim	285	336	14,4
P_APP_T10	Sim	Não	Não	Sim (3)	297	353	17,8
1) Arrefecimento protegido com manta fibra de cerâmica. 2) Tratamento térmico realizado 6 meses após soldadura. 3) *PWHT* imediatamente após conclusão da soldadura, sem baixar a temperatura.							

3.4.9. Análise da resistência à dobragem

A dobragem foi mais um ensaio realizado com vista a determinar a resistência das juntas, quer na face quer na raiz. Foram extraídas em cada teste quatro amostras, onde duas foram dobradas aplicando a carga na raiz e as outras duas na face.

3.4.9.1. Equipamentos utilizados

Neste ensaio foi utilizada uma prensa hidráulica com capacidade até 15 toneladas (147 kN) da marca Ciata e modelo P-115/HP, Figura 198. A mesma está equipada com uma bomba de pedal hidropneumático, o que permite a deslocação do pistão de forma rápida, continua ou sem esforço.



Figura 198 – Prensa hidráulica para a realização do ensaio de dobragem (APPinho, 2014).

3.4.9.2. Realização do ensaio

As amostras foram executadas segundo o *ASME IX* –QW163 Figura 104. A realização deste ensaio foi efetuada numa prensa hidráulica, no ISQ, com um ângulo de dobragem de 180°, distância entre apoios de 36 mm e um diâmetro do mandril de 24 mm, Figura 199 [89].

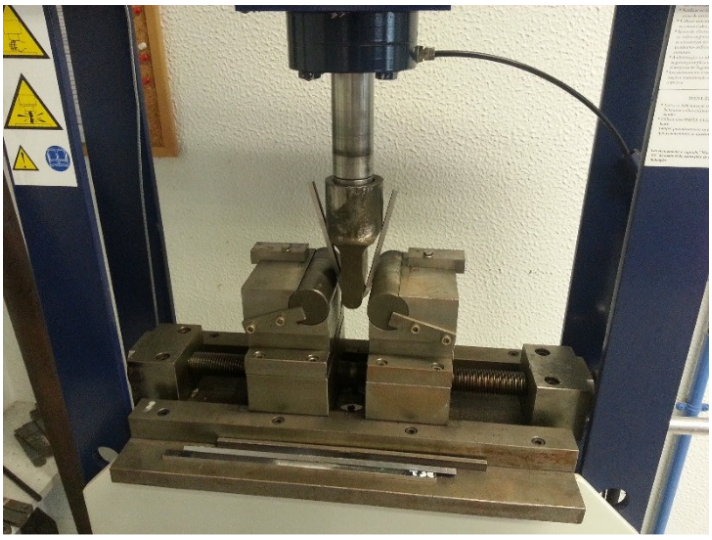


Figura 199 – Aspeto da preparação usada para o ensaio de dobragem (APPinho, 2014).

As amostras identificadas como dobragens na face, foram realizadas de forma a aplicar-se os esforços de tração na zona da face e os de compressão na zona da raiz. Situação oposta foi realizada nas dobragens na raiz, Figura 200. Todos os provetes sujeitos a dobragem foram considerado como aprovados, ou seja, não apresentaram qualquer tipo de descontinuidades na superfície, quer no MF, quer na ZTA e também no MB. Após o ensaio de dobragem, para além de uma inspeção visual, todas as amostras foram sujeitas ao ensaio de líquidos penetrantes,

Figura 201, de forma a encontrar qualquer descontinuidade que tivesse passado despercebida a olho nu. Esta prática nem sempre é comum em ambientes industriais, uma vez que as descontinuidades quando surgem, progridem de tal forma que facilmente se tornam visíveis. Os relatórios de líquidos penetrantes ao ensaio de dobragem encontram-se no anexo XXI.

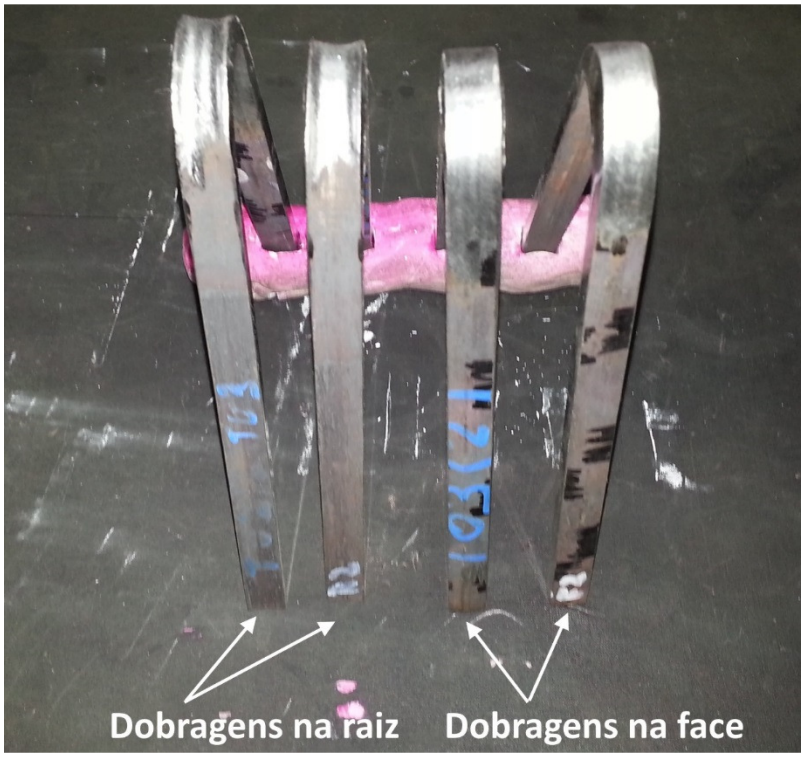


Figura 200 – Dobragens aplicadas aos testes, teste P_APP_T03 (APPinho, 2014).

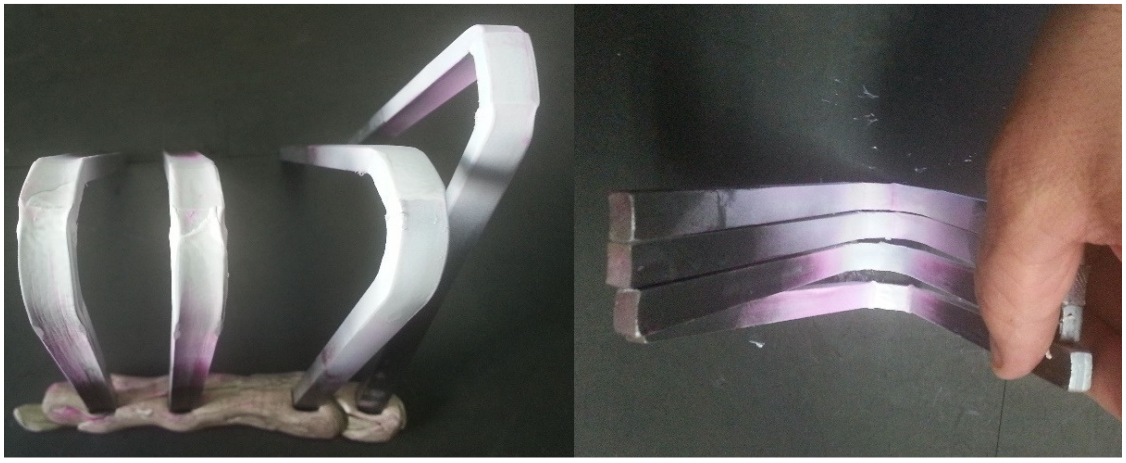


Figura 201 – Realização do ensaio por líquidos penetrantes nas amostras sujeitas a dobragem, teste P_APP_T00 (APPinho, 2014).

Todos os provetes descreveram uma curvatura perfeita, Figura 202, com exceção dos provetes realizados no teste P_APP_T00. Estas amostras apresentaram uma curvatura atípica, onde se pode verificar qua a zona do MF ofereceu uma resistência de tal forma elevada à dobragem que a curvatura teve lugar na zona do MB, Figura 203. De qualquer forma, este provete não apresentou nenhuma descontinuidade, Figura 201. Com base no tipo de simulação realizada, pensava-se que este teste, P_APP_T00 poderia fissurar, no entanto foi provado o contrário.

Tal como no ensaio de tração, este teste apresentou resultados surpreendentes. Os relatórios de ensaio de dobragem encontram-se no anexo XXXI.

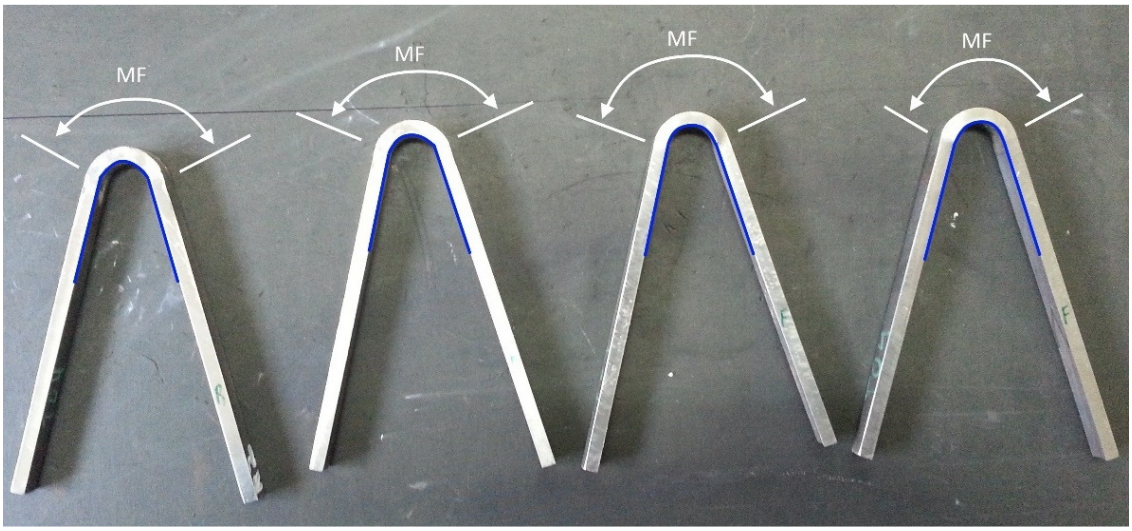


Figura 202 – Curvatura típica do ensaio, P_APP_T_04 (APPinho, 2014).

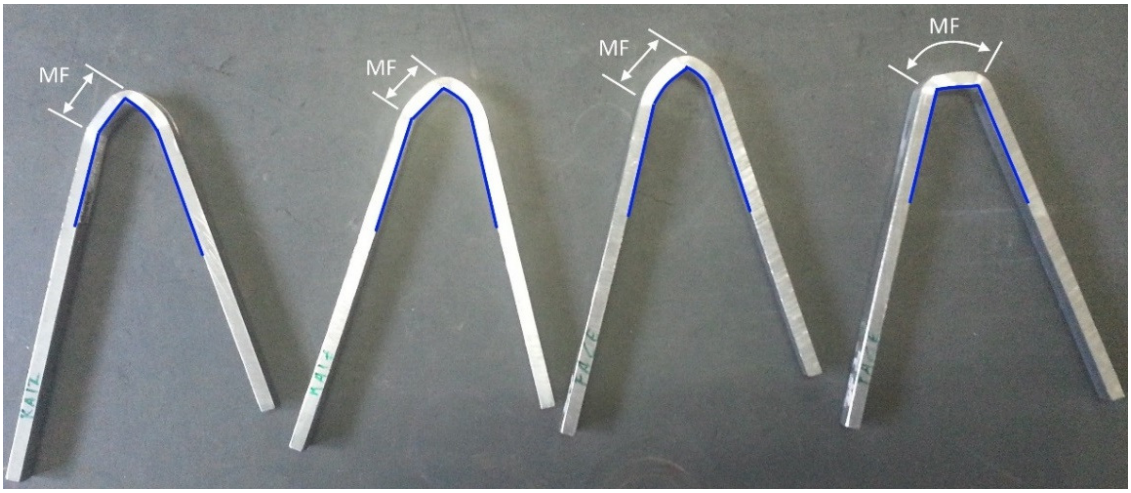


Figura 203 – Dobragem realizadas aos provetes do teste P_APP_T00 (APPinho, 2014).

3.5. Análise detalhada dos resultados

De todos os ensaios efetuados para avaliação da integridade da ligação, apenas vão ser considerados para análise os resultados da medição de dureza, análise da microestrutura e ensaio de tração. Os restantes ensaios foram também importantes, mas como o desempenho foi idêntico em todos os testes, não permitem estabelecer qual o procedimento mais adequado para a realização dos ciclos térmicos.

O ensaio de dureza com base na identificação dos pontos macios revelou comportamentos diferentes entre cada teste. Este permitiu comprovar a existência de pontos macios nas soldaduras deste material. Mesmo sabendo que estes pontos macios são responsáveis por uma resistência mecânica menor, no ensaio de tração a fratura deu-se no MB, mas afastado da zona crítica na ZTA. Isto leva-nos a crer que os pontos macios não contribuíram para a fratura do provete durante o ensaio, mesmo nos ensaios a 600°C. Estes pontos macios são responsáveis pela queda da resistência mas apenas em situações de fluência. No entanto, pouco ainda se sabe relativamente à origem destes pontos macios.

Tabela 73 – Relação entre ciclos térmicos aplicados à soldadura e ensaios realizados.

	Ciclos térmicos				**Ensaios realizados**					
Teste	**Pré-aq.**	**Pós-aq.**	**Tempo transf.**	***PWHT***	**Dureza**	**Macro**	**Micro**	**Tração TA**	**Tração AT**	**Dobragem**
T00	Não	Não	Não	Não	Não aceitável	Aceitável	Não aceitável	Bom	Bom	Bom
T01	Sim	Sim	Sim	Sim	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Bom	Ótima
T02	Sim	Não (1)	Não	Sim (2)	Bom	Ótima	Bom	Aceitável	Aceitável	Ótima
T03	Sim	Sim	Não	Sim (2)	Bom	Ótima	Bom	Não aceitável	Boa	Ótima
T04	Não	Sim	Sim	Sim	Aceitável	Aceitável	Não aceitável	Aceitável	Bom	Ótima
T05	Não	Não	Não	Sim	Bom	Aceitável	Bom	Bom	Bom	Ótima
T06	Sim	Não	Não	Sim	Bom	Ótima	Bom	Aceitável	Aceitável	Ótima
T07	Sim	Não (1)	Não	Sim	Bom	Aceitável	Bom	Bom	Aceitável	Ótima
T08	Sim	Sim	Não	Sim	Bom	Aceitável	Aceitável	Bom	Bom	Ótima
T09	Não	Sim	Sim	Sim	Bom	Bom	Aceitável	Aceitável	Aceitável	Ótima
T10	Sim	Não	Não	Sim (3)	Aceitável	Aceitável	Bom	Bom	Bom	Ótima

1) Arrefecimento protegido com manta fibra de cerâmica; 2) Tratamento térmico realizado 6 meses após soldadura; 3) *PWHT* mediatamente após conclusão da soldadura, sem baixar a temperatura.
Escala de avaliação: Não aceitável – Aceitável – Bom - Ótimo

No que diz respeito ao ensaio de dobragem, atendendo a que a maioria dos provetes apresenta um alongamento relativamente modesto, seria expectável que surgissem alguns problemas de fissuração durante a realização dos ensaios de dobragem. No entanto tal não sucedeu, sendo que poderemos concluir que a ductilidade da junta não está colocada em causa, mesmo com alongamento após rotura registados no ensaio de tração pouco superiores a 10 %.

Analisando a Tabela 73 é possível estabelecer uma relação entre os ensaios realizados e os ciclos térmicos aplicados em cada teste. Os que apresentam "não aceitável" na realização dos ensaios, considera-se que a sua metodologia de soldadura é inadequada. Nesta situação apresentam-se os testes P_APP_T00, P_APP_T03 e P_APP_T04. Os restantes são considerados aprovados.

O teste P_APP_T00 foi realizado sem qualquer tipo de cuidado adicional, nomeadamente sem o revenido, responsável pela formação de uma estrutura martensítica revenida. Isto fez com que a dureza apresentasse valores muito superiores ao permitido, tanto no MF, como na ZTA. A martensite, não revenida, apresenta-se como que em placas alongadas, não estando perfeitamente definida a fronteira de grão, que geralmente é marcada pela austenite residual. Por este motivo, a realização de soldaduras de acordo com este método é considerado como uma má prática. No entanto, ao contrário do que seria de esperar, este teste apresentou um excelente comportamento à tração, quer à temperatura ambiente, quer a alta temperatura. Na tração a alta temperatura teve o melhor desempenho. No ensaio de dobragem, o resultado foi também surpreendente, uma vez que não foi verificada qualquer descontinuidade na zona de ensaio.

O teste P_APP_T01, referenciado como sendo aquele em que se aplicaram as boas práticas de engenharia na realização da soldadura para este tipo de material, provou o que seria de esperar. Os valores de dureza registados encontram-se dentro dos parâmetros indicados, estando próximos do valor central desse mesmo intervalo. Na procura de pontos macios, *soft spots*, este revelou formação dos mesmos, tal como em todos os testes. Na análise da microestrutura, apresentou uma boa distribuição e formação do grão, sendo o pretendido para este material. Na tração apresentou boa tensão de rotura, de cedência e registou o maior alongamento, cerca de 25%. Na tração a alta temperatura, também apresentou boa relação entre os três valores registados, apenas foi ultrapassado pelo teste P_APP_T00. Pode-se afirmar que a prática de utilização deste ciclo apresenta bons resultados na integridade da ligação.

O teste P_APP_T02 não foi sujeito a pós-aquecimento nem ao tempo de transformação, sendo que o tratamento térmico foi realizado com um intervalo de tempo de seis meses, após a conclusão da soldadura. Em termos de microestrutura, apesar de não apresentarem uma malha tão perfeita como a amostra P_APP_T01, esta não é sinónimo de uma incorreta aplicação dos

ciclos térmicos. A nível de dureza medida na secção transversal, o teste P_APP_T02 apresenta no MF um valor médio quase próximo do valor limite. Os valores nos ensaios de tração não revelaram serem os melhores, mas estão acima dos limites mínimos. No entanto, notou-se que o tempo de espera na realização do PWHT ajudou a relaxar as tensões internas aumentando ligeiramente o valor do alongamento. De qualquer forma, esta melhoria considera-se com pouca relevância. Tomar a decisão de deixar a soldadura a aguardar o tratamento térmico durante um período de tempo relativamente grande, pode não ser uma solução pelos riscos que se corre na contaminação da soldadura pelo hidrogénio.

No teste P_APP_T03 também não foi aplicado o tempo de transformação e o revenido foi também realizado passados seis meses. Este apresentou um valor de tensão de rotura à temperatura ambiente inferior ao exigido pelo código *ASME* (585 MPa). Os restantes ensaios encontram-se com resultados relativamente bons. Seria suposto que este ensaio tivesse um comportamento melhor do que o teste P_APP_T02, pois foi feito um pós-aquecimento para eliminar o hidrogénio, para que este não ficasse retido na soldadura, o que seria grave devido a este estar demasiado tempo sem receber o tratamento térmico.

O teste P_APP_T04, a nível de dureza apresenta valores elevados, mas dentro do aceitável. Na análise da microestrutura, este apresentou na zona do MF uma microestrutura completamente atípica, dando ideia que o revenido não teve o efeito pretendido. Por isso, este teste deve ser considerado não adequado. O que variou neste ciclo foi a não aplicação do pré-aquecimento e a diminuição dos tempos de pós-aquecimento e tempo de transformação. De qualquer das formas, a presença dessa microestrutura anormal no MF não surgiu pela não realização do pré-aquecimento, nem diminuição dos tempos no restante ciclo, em comparação com o P_APP_T01. No ensaio de tração, os resultados foram aceitáveis, mas surge em último lugar no ensaio à temperatura ambiente, quase ao mesmo nível que o teste T_APP_T03, mas este ultimo encontra-se rejeitado. No ensaio de tração a 600°C os resultados foram superiores ao limite. De qualquer das formas, este teste deixa dúvidas por apresentar uma microestrutura irregular no MF.

O teste P_APP_T05, no que diz respeito ao ensaio de dureza, não apresentou nada de anormal, estando os valores dentro do intervalo típico. Na análise da microestrutura, o MF apresentou também alguma alteração, quando comparado com o P_APP_T01, apresentando grãos com geometria irregular e grande variação entre si. No entanto, isto pode ter sido influenciado pelos ciclos térmicos, uma vez que este teste apenas teve o tratamento térmico como cuidado adicional. O pré-aquecimento e pós-aquecimento mostram ter alguma importância na formação e orientação do grão. É sabido que o mecanismo responsável pelo tamanho grão é o tratamento térmico. No entanto, os restantes ciclos também têm um papel importante nessa mesma

formação. Na tração, este provete apresenta-se em 6º lugar no *ranking* dos melhores resultados, sendo que para alta temperatura está em 5º lugar. Não está classificado como dos melhores valores, mas está bem acima dos requisitos mininos exigidos pelo código para os ensaios referidos. No entanto, não cumpre com os requisitos impostos pela maior parte da legislação, que exigem a aplicação do pré-aquecimento para este material. Contudo, isto demonstra que para material com esta configuração, tubo de secção reduzida, é possível efetuar-se a soldadura sem pré-aquecimento, pós-aquecimento e tempo de transformação, desde que o tratamento térmico seja realizado assim que a soldadura atinja a temperatura ambiente.

No teste P_APP_T06 a dureza também está dentro dos padrões, valor mais elevado no MF, diminuindo na ZTA. A microestrutura no MF também tem algumas alterações, quando comparada com o teste P_APP_T01, à semelhança dos restantes testes. No ensaio de tração, este teste está em 9º lugar para temperatura ambiente, e em 8º lugar na tração a alta temperatura. Apesar disso, os valores estão acima do mínimo admissível pelos códigos. No entanto o valor do alongamento é baixo, com na maioria dos testes, para o ensaio realizado à temperatura ambiente. Com base no que está referido nos códigos, este pode ser considerado como aprovado. Pode ser vantajoso pois a sua realização é mais fácil do que o teste P_APP_T01, porque dispensa o pós-aquecimento e tempo de transformação. Com isto, diminui-se o número de operações, ganhando-se assim algum tempo. No entanto, o arrefecimento da soldadura, após a sua conclusão é realizado sem qualquer controlo, podendo ser esta prática responsável por algumas das alterações da microestrutura.

O teste P_APP_T07 foi realizado com o mesmo ciclo térmico do teste anterior, variando apenas no modo como o arrefecimento é realizado após a soldadura. Neste caso, a soldadura foi protegida com isolamento térmico para um arrefecimento mais lento. Esta alteração trouxe ligeiras melhorias em relação os teste P_APP_T06 no comportamento à tração à temperatura ambiente. Os restantes ensaios mantiveram-se com o comportamento semelhante. Os valores de dureza apresentados para este teste também se encontram dentro dos limites, mas com o valor do MF próximo do limite máximo. A microestrutura é muito semelhante ao teste P_APP_T06, apresentando também variações no tamanho de grão. Contudo, está dentro do aceitável para este material. Na tração, apresentou o terceiro melhor resultado à temperatura ambiente, mas apresenta o alongamento mínimo registado. No entanto, apresenta o 10º lugar a alta temperatura. De qualquer das formas, cumpre com os requisitos mínimos, sendo que este teste pode também ser considerado como aceitável para a realização de um procedimento de soldadura.

O teste P_APP_T08 foi realizado com todos os ciclos térmicos, exceto a aplicação do tempo de transformação. Esta alteração teve um ligeiro impacto apenas na microestrutura, estando as restantes propriedades analisadas com bom desempenho, embora com uma ligeira diminuição em relação aos resultados do ensaio do teste T_APP_T01, que é semelhante a este. Apresentou também os valores de dureza no MF próximo do limite máximo, mas dentro do aceitável. A análise micrográfica no MF apresenta um aspeto irregular, pois revela um tamanho de grão de maior dimensão. Pela análise apresentada, a sua aprovação poderá levantar dúvidas devido ao seu aspeto anormal. Este teste teve pré-aquecimento e pós-aquecimento, mas não teve tempo de transformação. A anormalidade registada pelo ensaio de micrografia pode ter surgido devido à ausência dessa etapa. Apresenta um bom comportamento à tração, quer a alta, quer à temperatura ambiente. No entanto, o registo da análise da microestrutura deixa dúvidas em relação ao comportamento deste teste.

O teste P_APP_T09 foi realizado sem a aplicação do pré-aquecimento, sendo que esta situação apresentou uma ligeira diminuição na microestrutura e comportamento à tração. O teste P_APP_T09, em termos de metodologia, foi muito parecido com o teste P_APP_T04, sendo que difere apenas nos tempos de determinados ciclos. Em comparação com o P_APP_T01, o teste P_APP_T04 apenas difere na etapa de pré-aquecimento. O teste P_APP_T09 não teve pré-aquecimento, no entanto teve pós-aquecimento e tempo de transformação. Os valores registados de dureza para este teste encontram-se também dentro dos limites, mas próximos do limite máximo. No MF a microestrutura apresenta-se bem diferente, quando comparado com o teste P_APP_T04, visto que o grão aparece perfeitamente definido. Pelo aspeto do registo da micrografia do MF, pode-se entender que este é perfeitamente aceitável. Este teste foi realizado segundo o princípio de que, para material com pequena espessura não há necessidade de se fazer um pré-aquecimento, facto que foi comprovado também na amostra P_APP_T05.

O P_APP_T10 foi realizado com pré-aquecimento e, após conclusão da soldadura, foi realizado o tratamento térmico sem que a temperatura da soldadura atingisse valores inferiores aos da temperatura do pré-aquecimento. Isto fez com que os valores da dureza registados no MF ultrapassassem um pouco o limite máximo especificado, mas encontram-se dentro do tolerável para este material. No entanto, os restantes valores dos ensaios realizados demostraram serem bons. A microestrutura no MF apresentou um tamanho de grão com formação um pouco irregular, que poderá ser devido à não aplicação do tempo de transformação da austenite em martensite, após a soldadura.

Podemos então dizer que os dizer que os testes P_APP_T00, P_APP_T02, P_APP_T03 e P_APP_T04 foram considerados inadequados. Os testes P_APP_T05 e P_APP_T09 são considerados aceitáveis. No entanto, há que ter em atenção que a maior parte dos códigos de construção exigem pré-aquecimento para este material. Como nestes casos não foi realizado, há que ter esse ponto em consideração. Os testes P_APP_T06, P_APP_T07, P_APP_T08, P_APP_T10 também apresentam resultados interessantes. No entanto, há que considerar que o P_APP_T06 e P_APP_T07 apresentam alongamentos muito baixos. Os testes P_APP_T08 e P_APP_T10 apresentam um tamanho de grão com alguma alteração, que pode levar a que estas amostras apresentem uma resistência menor, quando sujeitos a fluência, mas tal observação só poderá ser comprovada com a realização do ensaio de fluência.

O teste P_APP_T01 revelou ser mesmo o melhor procedimento a realizar, destacando-se de todos os outros pela sua microestrutura e também pelos valores de alongamento registados no ensaio de tração. De todos os testes efetuados, este é sem dúvida o que irá apresentar melhor comportamento à fluência.

4. Conclusões

Uma questão importante que foi analisada neste trabalho e que não estava nos objetivos iniciais foi a realização do estudo do gradiente térmico, onde ficou provado que a realização do tratamento térmico com resistências com larguras de banda superiores às normalmente utilizadas, possibilita de facto melhores resultados na distribuição da temperatura durante o tratamento térmico, como relatado no capítulo 3.3.10.

Em relação ao estabelecimento das condições de pré-aquecimento a aplicar ao aço, podemos dizer que este objetivo foi conseguido, onde se verificou que este tem influência no processo. A sua aplicação melhora a microestrutura e também a resistência mecânica.

O pós-aquecimento e o tempo de transformação são etapas que aumentam o tempo total de operação. A realização destas etapas possibilita um incremento das propriedades da ligação, mas também incrementa custos que podem ser evitados se estes ciclos não forem aplicados. Pelos resultados obtidos em diversos testes onde não foram realizados estes ciclos, podemos verificar que o pós-aquecimento pode ser dispensado.

Em relação à melhor sequência a aplicar no final da soldadura, de imediato se exclui da hipótese a realização tardia do tratamento térmico. A realização do revenido de forma tardia não é uma boa prática para a realização das soldaduras, uma vez que podem desenvolver-se microfissuras provocadas pelo hidrogénio. Estas, apesar de não terem sido detetadas, quer na análise por raio-X, quer por análise da fratura do provete após ensaios de tração, podem ter tido influência nos resultados finais. O tratamento térmico deve ser feito ou no final do pós-aquecimento e tempo de transformação ou então imediatamente após a realização da soldadura. A diferente aplicação destes últimos ciclos, pós-aquecimento e tempo de transformação, produzem resultados diferentes, mas mesmo assim aceitáveis.

O tempo de transformação, como já referido acima, acarreta de facto uma ligeira melhoria da ligação, mas nos testes em que não foi aplicada esta etapa, estes revelaram terem também resultados dentro do aceitável. O fundamento da aplicação do tempo de transformação seria fazer com que a austenite se transformasse na totalidade em martensite. No entanto, por mais tempo que se aplique, a austenite residual vai sempre permanecer no material, portanto esta etapa pode ser dispensada.

Em relação à melhor metodologia a aplicar na soldadura deste material, com esta geometria, ficou provado que o melhor teste é mesmo o P_APP_T01, mas este exige um procedimento com mais etapas, que depois se reflete no tempo e custos de operação, cerca de 30 horas. E se for tido em consideração questões relacionas com a eficiência energética, este teste consome muito mais energia do que os restantes considerados, também aprovados.

Na Tabela 74 encontram-se ordenados os testes, onde o P_APP_T01 está em primeiro lugar, seguindo-se o P_APP_T05. Os testes P_APP_T07, P_APP_T08, e P_APP_T10 estão ao mesmo nível, sendo que se encontram em terceiro lugar. Por fim surgem os testes P_APP_T06 e P_APP_T09, que estão em quarto e quinto lugar, respetivamente. Os restantes testes não estão aqui apresentados porque foram considerados inadequados.

Tabela 74 – Testes ordenados de forma decrescente em função dos resultados nos ensaios.

	Ciclos térmicos					**Ensaios realizados**					
Teste	**Pré-aq.**	**Pós-aq.**	**Tempo transf.**	***PWHT***	**Ciclo (3)**	**Dureza**	**Macro**	**Micro**	**Tração TA**	**Tração AT**	**Dobragem**
T01	Sim	Sim	Sim	Sim	30	Ótima	Ótima	Ótima	Ótima	Bom	Ótima
T05	Não	Não	Não	Sim	20	Bom	Aceitável	Bom	Bom	Bom	Ótima
T07	Sim	Não (1)	Não	Sim	30	Bom	Aceitável	Bom	Bom	Aceitável	Ótima
T08	Sim	Sim	Não	Sim	28	Bom	Aceitável	Aceitável	Bom	Bom	Ótima
T10	Sim	Não	Não	Sim (2)	20	Aceitável	Aceitável	Bom	Bom	Bom	Ótima
T06	Sim	Não	Não	Sim	24	Bom	Ótima	Bom	Aceitável	Aceitável	Ótima
T09	Não	Sim	Sim	Sim	28	Bom	Bom	Aceitável	Aceitável	Aceitável	Ótima

1) Arrefecimento protegido com manta fibra de cerâmica; 2) *PWHT* imediatamente após conclusão da soldadura, sem baixar a temperatura. 3) Tempo necessário para a realização do ciclo em cada teste.
Escala de avaliação: Não aceitável – Aceitável – Bom - Ótimo

Qualquer um dos ciclos envolvidos nos testes demostrados na Tabela 74 apresentaram resultados interessantes. No entanto, o teste P_APP_T05, que se apresenta em segundo lugar, não é aceite pela maioria dos códigos de construção, que exigem a aplicação do pré-aquecimento, independentemente do tipo de espessura do tubo. Mas, neste trabalho ficou demonstrado que é possível realizar soldaduras em tubo de secção reduzida sem ser necessária a realização do pré-aquecimento, pós-aquecimento e tempo de transformação, desde que o tratamento térmico seja realizado logo que soldadura atinja a temperatura ambiente.

Um outro aspeto que pode ser verificado, pela Tabela 74, é que com exceção do teste T_APP_T01, os restantes testes foram todos reproduzidos com o tubo fornecido pela "*Vallourec*", segundo tubo. Curiosamente este mesmo tubo, SA 335 P91, apresenta propriedades mecânicas inferiores, Tabela 65, ao do tubo fornecido pela "*TPS Techntube*",

usado nos cinco primeiros ensaios. No entanto mais conclusões não podem ser tiradas pela utilização destes dois tubos com algumas diferenças entre si. Embora ambos satisfazem os requisitos impostos pelas normas e/ou códigos de construção.

Se for para se ter em conta os mesmos códigos de construção, então, uma boa alternativa ao teste P_APP_T01 é o teste P_APP_T10, pois apresenta resultados aceitáveis e uma diminuição do tempo de operação em cerca de 10 horas. Os testes P_APP_T07 e P_APP_T08, apesar de terem utilizado menos operações do que o P_APP_T01, apresentam também um tempo total de operação semelhante, sendo que a única diferença para o P_APP_T01 é na eficiência energética. Por isso, a sua utilização pode ser pensada se o utilizador tiver em conta os custos da energia. Se for desprezada o custo de energia, então é preferível ir pelo procedimento P_APP_T01, porque apresenta melhores resultados. O P_APP_T06 também está em conformidade com os códigos e apresenta uma redução do tempo e operação em cerca de 6 horas relativamente ao P_APP_T01. O teste P_APP_T09 apresenta o mesmo problema que o P_APP_T05, não estando em conformidade com a legislação e o seu tempo de operação é grande.

Concluindo, uma boa solução para a realização destas soldaduras em aço do grau 91 com este tipo de geometria, ou seja, de tubo com diâmetro exterior de 48,3 mm e 5 mm de espessura, e recorrendo ao processo de soldadura TIG, passa pela aplicação dos ciclos estabelecidos no teste P_APP_T10. Este apresenta bons resultados, com a vantagem de ter um menor tempo de realização das operações e continua a estar de acordo com a legislação que estabelece como requisito a realização de pré-aquecimento e tratamento térmico.

É Importante referir que a utilização destes procedimentos, mesmo que cumpram com os códigos e/ou normas aplicáveis, podem estar dependentes da aprovação das entidades inspetoras, organismos certificadores e/ou do próprio cliente.

Em trabalhos futuros, a ARSOPI, S.A. irá utilizar este procedimento na realização de soldaduras nas condições referidas. Recentemente, a ARSOPI,S.A. recebeu uma encomenda de dois equipamentos semelhantes ao referido, capítulo 3.1.4., estando já o Departamento Técnico a preparar os procedimentos de soldadura, para que este conjunto de ciclos de tratamento seja aplicado, o que irá permitir poupar tempo e tornar o processo mais competitivo, garantindo propriedades muito semelhantes às obtidas com o tratamento inicialmente considerado. Este facto torna este trabalho ainda mais útil, através da aplicação prática do estudo levado a efeito.

5. Trabalhos futuros

Uma ótima continuação deste trabalho seria efetuar ensaios de fluência para os testes P_APP_T01, P_APP_T05, P_APP_T06, P_APP_T07, P_APP_T08, P_APP_T09 e P_APP_T10, podendo depois comprovar qual é na realidade o melhor, quando submetido a condições de alta temperatura e pressão.

Outro trabalho a desenvolver passaria por acrescentar mais um passe à soldadura e estudar o efeito desse ciclo térmico nas propriedades da mesma.

Ainda outro trabalho poderia passar por realizar o mesmo procedimento, mas desta vez alterar o material de adição para varetas do tipo B8. Segundo William Newell, estes materiais de adição podem trazer mais benefícios no que diz respeito à formação de pontos macios, sendo que também trazem menos preocupações no que diz respeito à temperabilidade, quando comparados com os materiais do tipo B9. A utilização destes materiais B8 ainda não é totalmente aceite porque ainda não estão de acordo com as normas e/ou códigos de construção.

Um outro trabalho seria desenvolver um procedimento de reparação para soldaduras neste material, ou seja, quando numa soldadura é detetada uma imperfeição, elaborar um procedimento que melhor defina uma boa prática de reparação.

Por fim a simulação de diferentes revenidos, com a variação de taxas de aquecimento e arrefecimento, temperaturas e tempos de patamar, seria também um estudo extremamente interessante.

6. Bibliografia e Outras Fontes de Informação

[1] **Milović, L., 2011.** *Behaviour of P91 Steel Simulated HAZ at 600°C*. Trends in the Development of Machinery and Associated Technology. 15th International Research/Expert Conference, Prague, Czech Republic, 12-18 September, pp. 161-164.

[2] **Yan, W., Wang, W., Shan Y., YANG, K., 2013.** *Microstructural stability of 9-12%Cr ferrite/martensite heat-resistant steels*. Frontiers of Materials Science, vol. 7, nº 1, pp 1-27.

[3] **Soares, P., 1992.** *Aços - Características / Tratamentos*. Edição do Autor, 5ª edição, pp. 242.

[4] **Magalhães, A., Silva, F., Pinto, A., 2009.** *Ligas de ferro carbono Materiais metálicos*. Compilação de apontamentos realizados pelos docentes do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

[5] **Malheiros, L., 2013.** *Classificação de materiais*. Apresentação realizada na Curso de pós-graduação em Engenharia Soldadura, Modulo2.1 – Classificação de materiais, ISQ, Portugal.

[6] **Yamamoto, Y., Sentella, M., Babu, S., Yu, X., 2012.** *Improving the Performance of Creep-Strength-Enhanced Ferritic (CSEF) Steels*. Apresentação realizada na 26ª Conferencia Anual de materiais para a energia fóssil, Pittsburgh, USA, April.

[11] **Kumar, A., Choudhary, B., Laha, K., Jayakumar, T., Sankara, K., Raj, B., 2003.** *Characterisation of Microstructure in 9% Chromiun Ferritic Steels Using Ultrasonic Measurements*. Transactions of the Indian Institute of Metal, vol. 56, nº 5, pp. 483-497.

[12] **Hilkes, J., Gross, V., 2013.** *Welding CrMo steels for power generation and petrochemical applications - past, present and future*. Biuletyn Instytutu Spawalnictw, vol. 57, nº 2, pp. 11-22.

[13] **KOBELCO, 2013.** *Welding Consumables for Heat Resistant Low Alloy Steel.* Kobelco Welding Today, 3rd Special Edition, pp 26.

[14] **Filemonowicz, A., Lipiec, A., Ennis, P., 2006.** *Modified 9% Cr steels for advanced power generation: microstructure and properties*. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, vol. 19, December, Issue 2, pp. 43-48.

[15] **Newell, W., 2010.** *Welding and Postweld Heat Treatment of P91 Steels*. Welding Journal, vol. 89, nº 4, pp. 33-36.

[16] **Smet, P., Wortel, H., 2006.** *Controlling Heat Treatment of Welded P91*. Welding Journal, vol. 85, nº 6, pp. 42-44.

[17] **Kent, K., Coleman, Newell, W., 2007.** *P91 and Beyond*. Welding Journal, vol. 86, nº 8, pp. 29-33.

[18] **Brózda, J., Zeman, M., 2003.** *Wrong heat treatment of martensitic steel welded tubes caused major cracking during assembly of resuperheaters in a fossil fuel power plant*. Engineering Failure Analysis, vol. 10, October, Issue 5, pp. 569-579.

[19] **Newell, W., 2013.** *Welding and PWHT of P91 Steels*. Apresentação realizada na Valve Manufacturers Association of America, Hilton Charlotte University Place. Charlotte, USA, March.

[20] **Vallurec & Mannesmann Tubes, 2002.** *The T91/P91 Book*. Brochura realizada pela empresa Vallurec & Mannesmann Tubes - Power Generation, EUA.

[21] **Henry, J., 2005.** *Growing experience with P91/T91 forcing essencial code changes*. Combined Cicle Journal, First Quarter 2005, pp. 8-17.

[22] **Smoske, P., Barbaro, S., 2013.** *Improving Boiler Reliability*. Artigo publicado no website: Power Engineering. [Consultado em 12 de Fevereiro de 2015], disponível em: http://www.power-eng.com/articles/print/vol.-117/issue-4/features/improving-boiler-reliability.html.

[23] **Hamaguchi, M., Vakkilainen, E., 2010.** *Corrosão em tubos de superaquecedor de caldeiras de recuperação: um desafio*. O Papel, vol. 71, nº 6, pp. 57-71.

[27] **Santella, M., Babu, S., Swindeman, R., Specht, E., Ice, G., Zschack, P..** *Austenite to Martensite Phase Transformation in 9 Cr 1 Mo Steel Weld Metal*. Revista.

[28] **Newell, W., 2001.** *Guideline for Welding P(T) 91*. Publicação da EUROWELD - EUA.

[29] **Guangmin, L., Jiansheng, W., Qingsen, M., 2004.** *Microstructural Evolution on the T91 Dissimilar Metal Joints during Creep Rupture Tests*. Journal of Materials Science & Technology, vol. 20, nº4, pp. 383-386.

[30] **Hyde, T., Becker, A., Sun, W., Yaghi, A., Williams, J., Concari, S., 2006.** *Determination of Creep Properties for P91 Weldment Materials at 625ºC*. Chapter IV: Welds at High Temperature (WELDON) in Design, 5th International Conference on Mechanics and Materials in Design, Porto-Portugal, 24-26 July.

[31] **Ventura, R., 2009.** *Aços de baixa liga resistentes à fluência*. Apresentação realizada na Curso de pós-graduação em Engenharia Soldadura, Modulo2.14 – Aços resistentes à fluência, ISQ, Portugal.

[32] **Singh, D., Sharma, M., Gill, J., 2013.** *Effect of Post Weld Heat Treatment on the Impact Toughness and Microstructural Property of P-91 Steel Weldment*. International Journal of Research in Mechanical Engineering & Technology, vol. 3, Issue2, May-Oct, pp. 216-219.

[33] **Fulemová, J., Janda, Z., 2010.** *Problems of Machining Steel P91*. Artigo apresentado na conferência anual SVOČ – FST 2010, Faculty of Mechanical Engineering University of West Bohemia in Pilsen, República Checa.

[34] **Vuherer, T., Dunder, M., Milovic, L., Zrilic, M., Samardzic, I., 2013.** *Microstructural Investigation of the Heat-Affected Zone of Simulated Welded joint of P91 Steel*. Metalurgija, vol. 52, nº 3, pp. 317-320.

[35] **ASME (American Society of Mechanical Engineers), 2013.** *ASME II - Materials - Ferrous Material Specifications*. Part A. (American National Standard Institute), EUA.

[36] **ASTM International (American Society for Testing and Materials), 2004.** *ASTM - Section 01 - Iron and Steel Products - Vol. 01.01 Steel--Piping, Tubing, Fittings*. EUA.

[37] **ASTM International (American Society for Testing and Materials), 2004.** *ASTM - Section 01 - Iron and Steel Products - Vol. 01.04 Steel--Structural, Reinforcing, Pressure Vessel, Railway*. EUA.

[39] **Shibli, I., Coleman, K., 2003.** *Failures of P91 Steel at the West Burton Plant in England Raise Concerns About the Long Term Behavior of the Advanced Steel*. Publicação efetuada pela European Technology Development, Reino Unido.

[40] **Rocha, A., 2012.** *Estudo do Tratamento Térmico de Juntas Soldadas em Aço X10CrMoVNb9-1*. Tese de Mestrado Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

[41] **Agyakwa, P., 2004.** *Creep and microstructural development in P91 weldments at elevated temperature*. PhD, Department of Mechanical, Materials and Manufacturing Engineering, University of Nottingham, Reino-Unido.

[42] **Jara, D., 2011.** *9-12% Cr heat resistant steels: alloy design, TEM characterisation of microstruture evolution and creep response at 650 ºC*. PhD, Ruhr-Universität Bochum, Alemanha.

[43] **Oliveira, A., 2007.** *Tratamento térmico*. Apresentação realizada no curso de engenharia de superfícies. Universidade Federal do Paraná, Brasil.

[44] **Lopes, E., 2012.** *Benefícios e limitações de Tratamentos Térmicos de aços de equipamentos que operam a alta pressão e temperatura*. Apresentação realizada na 1ª Conferencia Nacional em Tratamentos Térmicos de Soldaduras, Coimbra, Portugal, Outubro.

[45] **Bazazi, A., 2009.** *Evolution of Microstructure during Long-term Creep of a Tempered Martensitic Ferritic Steel*. PhD, Ruhr-Universität Bochum, Alemanha.

[46] **Abe, F., 2008.** *Precipitate design for creep strengthening of 9% Cr tempered martensitic steel for ultra-supercritical power plants*. Science and Technology of Advanced Materials, vol. 9, nº 1.

[47] **Lomozik, M., Zielinska-Lipiec, A., 2008.** *Microscopic Analysis of the Influence of Multiple Thermal Cycles on Simulated HAZ Toughness in P91 Steel*. Archives of Metallurgy and Materials, vol. 53, Issue 4, pp. 1025-1034.

[48] **Panait, C., Bendick, W., Fuchsmann, A., Gourgues-Lorenzon, A, Besson J., 2010.** *Study of the microstructure of the Grade 91 steel after more than 100000 of creep exposure at 600 ºC*. International Journal of Pressure Vessels and Piping, vol. 87, Issue 6, pp. 326-335.

[49] **Zhang, Y., 2009.** *Changes in Microstructure and Mechanical Properties of P91 Weld Metal during Creep*. PhD, The University of Nottingham, Reino-Unido.

[50] **V&M Tubes Corporation, 2007.** *Welding "Grade 91" Alloy Steel*. Sperko Engineering Services, May, pp.1-5.

[51] **Cokgul, S., 2014.** *The Effect of Post Welding Heat Treatment Using Different Temperature to Welded P91 Steel*. Tese de Mestrado Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

[52] **Rodrigues, L., 2014.** *Ensaio de Fluência - Ensaios Mecânicos de Materiais.* Apresentação realizada na aula nº 13 da disciplina de Ensaios Mecânicos de Materiais. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Brasil.

[53] **Li, H., Mitchell, D., 2013.** *Microstructural characterization of P91 steel in the virgin, service exposed and post-service renormalized conditions*. Steel Research International, vol. 84, nº 12, pp. 1302-1308.

[54] **Panait, C., Zielinska-Lipiec, A., Koziel, T., Czyrska-Filemonowicz, A., Gourgues-Lorenzon, A., Bendick, *W*., 2010.** *Evolution of dislocation density, size of subgrains and MX-type precipitates in a P91 steel during creep and during thermal ageing at 600 ◦C for more than 100,000 h*. Materials Science and Engineering A, vol. 527, Issues 16-17, pp. 4062-4069.

[55] **Danielsen, H., Hald, J., 2009.** *Influence of Z-phase on Long-term Creep Stability of Martensitic 9 to 12 % Cr Steels*. VGB PowerTech Journal, Issue 5, pp. 68-74.

[56] **Paddeaa, S., Francisb, J., Paradowskac, A., Boucharda, P.,Shibli, I., 2012.** *Residual stress distributions in a P91 steel-pipe girth weld before and after post weld heat treatment*. Materials Science and Engineering A, vol. 534, 1 February, pp. 663-672.

[57] **Hainsworth, J., 2012.** *And So You Think You Got Within The Temperature Range!.* Apresentação realizada à comissão ASME CSEF TG e SG-SW, Phoenix, USA, November.

[58] **Taniguchi, G., Yamashita, K., 2013.** *Effects of Post Weld Heat Treatment (PWHT) Temperature on Mechanical Properties of Weld Metals for High-Cr Ferritic Heat-Resistant Steel*. Kobelco Technology Review, nº32, December, pp. 33-39.

[59] **Santella, M., Swindeman, R., Reed, R., Tanzosh, J..** *Martensite formation in 9 Cr-1 Mo steel weld metal and its effect on creep behavior*. Pesquisa efetuada pelo Oak Ridge National Laboratory, patrocinada pelo Office of Fossil Energy, Advanced Research Materials Program, (DOE/FE AA 15 10 10 0) U.S. Department of Energy under Contract DE-AC05-00OR22725 with UT-Battelle, LLC.

[60] **Klueh, R., Shingledecker, J., 2006**. Investigation of a Modified 9Cr-1Mo (P91) Pipe Failure. Investigação Nº ORNL/TM-2006/1, realizada pelo Oak Ridge National Laboratory para U.S. DEPARTMENT OF ENERGY under contract DE-AC05-00OR22725.

[61] **Tammasophon, N., Homhrajai, W., Lothongkum, G., 2011.** *Effect of Postweld Heat Treatment on Microstructures and Hardness of TIG Weldment between P22 and P91 Steels with Inconel 625 Filler Metal*. Journal of Metals, Materials and Minerals, vol.21, nº1, pp.93-99.

[62] **Falat, L., Svobodab, M., Výrostkováa, A., Petryshynetsa, I., Sopkoa, M., 2012.** *Microstructure and creep characteristics of dissimilar T91/TP316H martensitic/austenitic welded joint with Ni-based weld metal*. Materials Characterization, vol. 72, October, pp. 15-23.

[63] **Abson, D., Rothwell, J., 2013.** *Review of type IV cracking of weldments in 9–12%Cr creep strength enhanced ferritic steels*. International Materials Reviews, vol. 58, November, pp. 437-473.

[64] **Fonte Confidencial, 2013.** *Handling of material X10CrMoVNb9-1 (Material No. 1.4903) for fabrication of equipment and piping components*. Alemanha.

[65] **ASME (American Society of Mechanical Engineers), 2012.** *B31.1 – Power Piping*. ANSI (American National Standard Institute), EUA.

[66] **Chiaverini, V., 1986.** *Tecnologia Mecânica - Processos de Fabricação e Tratamento*. 2ª edição, vol. II, editora: McGraw-Hill, 165 pp.

[67] **Fortes, C., 2004.** *ESAB - Metalurgia da Soldagem.* Sebenta publicada pela ESAB.

[68] **Fernandes, I., 2011.** *Introdução Geral à Tecnologia da soldadura*. Apresentação realizada na Curso de pós-graduação em Engenharia Soldadura, Modulo1.1 - Introdução à Tecnologia de Soldadura, ISQ, Portugal.

[69] **Rodrigues, D., Loureiro A., Leal, R., 2010.** *Soldadura por Fricção Linear*. Faculdade de Engenharia da Universidade de Coimbra. Portugal.

[70] **Vilaça, P., 2012.** *Processos de Soldadura no Estado Sólido*. Apresentação realizada na Curso de pós-graduação em Engenharia Soldadura, Modulo1.12 – Processos de Soldadura no Estado Sólido, ISQ, Portugal.

[71] **Weman, K., 2003.** *Welding processes handbook.* 2ª edição, editora: Woodhead Publishing Ltd, pp 189.

[72] **Silva, F., 2014.** *Tecnologia da soldadura - Uma Abordagem Técnico-Didática*. 1ª edição, editora: Publindustria, 312 pp.

[73] **Falat, L., Ciripová, L., Kepic, J., Buršík, J., Podstranská, I., 2014.** *Correlation between microstructure and creep performance of martensitic/austenitic transition weldment in dependence of its post-weld heat treatment*. Engineering Failure Analysis, vol. 40, May, pp. 141-152.

[74] **EN (European Standard), 1999.** *EN 1011-2 Welding - Recommendations for welding of metallic materials - Part 2: Arc welding of ferritic steels*. The European Committee for Standardization, Belgica.

[75] **Fernandes, I., 2011.** *Determinação da temperatura de Pré-Aquecimento em soldadura*. Apresentação realizada na Curso de pós-graduação em Engenharia Soldadura, Modulo4.11 – Cálculo do Pré-Aquecimento, ISQ, Portugal.

[76] **Francis, J., Mazur, W., Bhadeshia, H., 2006.** *Type IV cracking in ferritic power plant steels*. Materials Science and Technology, vol. 22, nº12, pp. 1387-1395.

[77] **Funderburk, R., 1998.** *Key concepts in Welding Enginnering - Post Weld Heat Treatment*. Welding Innovation, vol. XV, nº 2, pp. 17-18.

[78] **Loureiro, A., 2008.** *Fissuração nas Juntas Soldadas*. Faculdade de Engenharia da Universidade de Coimbra, Portugal.

[79] **Lalam, S., Bhadeshia, H., Mackay, D., 2000.** *Bruscato Factor in Temper Embrittlement of Welds*. Science and Technology of Welding and Joining vol. 5, nº5, pp- 338-340.

[80] **ASME (American Society of Mechanical Engineers), 2013.** *ASME II - Materials - Specifications for Welding Rods, Electrodes, and Filler Metals*. in Part C. ANSI (American National Standard Institute), EUA.

[83] **Dixon, B., 1994.** *Evaluation of welding consumables and procedures for submarine construction*. Publicação efectuada pelo Materials Research Laboratory.

[81] **SRIVASTAVA, B., TEWARI, S., PRAKASH, J., 2010.** *A Review On Effect of Preheating and/or Post Weld Heat Treatment (PWHT) on Mechanical Behaviour of Ferrous Metals*. International Journal of Engineering Science and Technology, vol. 2, nº4, pp. 625-631.

[82] **Silva, A., 2010.** *Tratamento Térmico de Juntas Soldadas*. Tese de Mestrado Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

[84] **Proença, P., 2015.** *Elaboração de especificações de soldadura e qualificação de procedimentos de soldadura*. Apresentação realizada no âmbito de formação "UPDATE EVENTS" na área da soldadura, ISQ, Portugal.

[85] **ASME (American Society of Mechanical Engineers), 2010.** *ASME B31.3 - Process Piping*. ANSI (American National Standard Institute), EUA.

[86] **BS (British Standards), 2009.** *BS EN 13445-4 - Unfired pressure vessels — Part 4: Fabrication*. The European Committee for Standardization, Reino-Unido

[87] **AWS (American Welding Society), 1999.** *AWS D10.10: Recommended Practices for Local Heating of Welds in Piping and Tubing*. ANSI (American National Standard Institute), EUA.

[88] **AWS (American Welding Society), 1990.** *AWS D10.10: Recommended Practices for Local Heating of Welds in Piping and Tubing*. ANSI (American National Standard Institute), EUA.

[89] **ASME (American Society of Mechanical Engineers), 2013.** *ASME IX - Welding, Brazing, and Fusing Qualifications*. ANSI (American National Standard Institute, EUA.

[90] **ISO (International Organization for Standardization), 2011.** *ISO 6892-2 - Metallic materials - Tensile testing -Part 2: Method of test at elevated temperature*. Suiça.

[94] **ISO (International Organization for Standardization), 2003.** *ISO 17637 - Non-destructive testing of welds – Visual testing of fusion welds joints*. Suiça.

[96] **IPQ (Instituto Português da Qualidade), 2013.** *NP EN ISO 6520-1 - Classificação de imperfeições em materiais metálicos, Parte 1: Soldadura por fusão*. CEN (Comité Europeu de Normalização), Portugal.

[95] **EN (European Standard), 2014.** *EN ISO 5817 - Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys – Quality levels for imperfections*. The European Committee for Standardization, Suiça.

[97] **IPQ (Instituto Português da Qualidade), 2001.** *NP EN 571-1 - Ensaios Não Destrutivos – Ensaios por líquidos penetrantes – Parte 1: Princípios gerais*. CEN (Comité Europeu de Normalização), Portugal.

[98] **EN (European Standard), 2009.** *EN ISO 23277 (Non-destructive testing of welds — Penetrant testing of welds — Acceptance levels).* The European Committee for Standardization, Suiça.

[99] **ASME (American Society of Mechanical Engineers), 2013.** *ASME I - Rules for Construction of Power Boiler*. ANSI (American National Standard Institute, EUA.

[100] **ASME (American Society of Mechanical Engineers), 2013.** *ASME V - Nondestructive Examination*. ANSI (American National Standard Institute), EUA.

[101] **ASME (American Society of Mechanical Engineers), 2013.** *ASME VIII - Rules for Construction of Pressure Vessels - Divison 1*. ANSI (American National Standard Institute, EUA.

[102] **ASME (American Society of Mechanical Engineers), 2013.** *ASME VIII - Rules for Construction of Pressure Vessels - Divison 2 - Alternative Rules*. ANSI (American National Standard Institute), EUA.

[103] **ASTM International (American Society for Testing and Materials), 1997.** *Standard Test Method for Indentation Hardness of Metallic Materials by Portable Hardness Testers*. EUA.

[104] **IPQ (Instituto Português da Qualidade), 1999.** *NP EN 1043-1 Ensaio de dureza das ligações soldadas por arco*. CEN (Comité Europeu de Normalização), Portugal.

[105] **ISO (International Organization for Standardization), 2013.** *ISO 18265 (Metallic materials – Conversion of hardness values.* Suiça.

[106] **IPQ (Instituto Português da Qualidade), 2001.** *NP EN 1043-2 – Ensaio de Microdurezas em juntas soldadas*. CEN (Comité Europeu de Normalização), Portugal

[108] **EN (European Standard), 1996.** *EN 1321 - Destructive test on welds in metallic materials. Macroscopic and microscopic examination of welds*. The European Committee for Standardization, Suiça.

Outras Fontes de Informação:

[7] **Tubeweld India Limited.** *Superheater Coils*. [Consultado em 02 de Fevereiro de 2015]. Disponível em: http://www.tubeweld.com/superheater.html.

[8] **Alstom.** *Pulverised coal steam power plant.* [Consultado em 02 de Fevereiro de 2015]. Disponível em: http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/power-generation/coal-and-oil-power/coal-and-oil-power-plants/pulverised-coal-steam-power-plant/.

[9] **Alstom.** *Feedwater heaters for coal and oil plants*. [Consultado em 02 de Fevereiro de 2015]. Disponível em: http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/power-generation/coal-and-oil-power/heat-exchangers-for-coal-and-oil-plants/feedwater-heaters/.

[10] **Alstom.** *Heat recovery steam generators (HRSG)*. [Consultado em 15 de Janeiro de 2015]. Disponível em: http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/power-generation/gas-power/heat-recovery-steam-generators/heat-recovery-steam-generators-hrsg/.

[24] **Hurst Boiler & Welding Company, INC.** *Industrial Boiler Systems*. [Consultado em 01 de Março de 2015]. Disponível em : http://www.hurstboiler.com/boilers/scotch_marine/series_300.

[25] **Victory Energy.** *Horizon HRSG Boiler*. [Consultado em 12 de Fevereiro de 2015] Disponível em: http://www.victoryenergy.com/heat-recovery-steam-generator/.

[26] **CMI Group.** *HRSGs for the 21st century*. [Consultado em 15 de Janeiro de 2015] Disponível em: http://www.cmigroupe.com/en/p/boilers.

[38] **Tubecon.** *Tube VS Pip*e. [Consultado em 14 de Junho de 2014]. Disponível em: http://www.tubecon.co.za/en/technical-info/tubecon-wiki/tube-vs-pipe.

[91] **KEMPPI, Catálogo 2013.** *MasterTig MLS 3000/4000.*

[92] **KEMPPI, Catálogo 2004.** *MASTER 2800/3599.*

[93] **WELDOTHERM, Catálogo 2014**. *Técnica de recozimento de Essen.*

[107] **Xbit Laboratories.** *Hewlett-Packard ScanJet 8200 Scanner: the So-Called "Top Model".* [Consultado em 01 de Agosto de 2015] Disponível em: *http://www.xbitlabs.com/articles/other/display/hp-8200.html#sect0.*

[109] **Instron.** *Locating an Instron Testing System's Serial Number*. [Consultado em 02 de Março de 2015] Disponível em: http://www.instron.com.br/wa/servicesupport/serial-number-locator.aspx.

Referência: **APPinho** – *Fotografias realizadas pelo autor do presente relatório*. António Pedro Vitória de Pinho.

Anexos

Todos os anexos encontram-se em suporte digital, CD na contracapa, de acordo com a seguinte lista:

- **ANEXO I** - Visão Global de normas Internacionais, composição química e temperaturas máximas de serviço para os aços CrMo mais utilizados.
- **ANEXO II** - Materiais que podem ser usados em aplicações que operam a alta temperatura.
- **ANEXO III** - Resumo de características básicas de algumas fases nos aços 9-12%Cr.
- **ANEXO IV** - Classificação dos Processos de Soldadura.
- **ANEXO V** - Posições de soldadura definidas pela Norma *EN ISO* 6947*, AWS 3.0 e ASME IX*.
- **ANEXO VI** - Materiais de adição para alguns materiais CrMo.
- **ANEXO VII** - Ciclo térmico fornecido à Empresa pelo Cliente.
- **ANEXO VIII** - Procedimento de Soldadura (apenas com os parâmetros constantes).
- **ANEXO IX** - Mapa de experiências dos testes efetuados.
- **ANEXO X** - Gráficos com o registo de temperaturas das experiencias.
- **ANEXO XI** - Certificado de tubo usado nos testes: P_APP_T00 a P_APP_T04.
- **ANEXO XII** - Certificado de tubo usado nos testes: P_APP_T05 a P_APP_T10.
- **ANEXO XIII** - Certificado do material de adição utilizado nas soldaduras: P_APP_T00 a P_APP_T08.
- **ANEXO XIV** - Certificado do material de adição utilizado nas soldaduras: P_APP_T09 e P_APP_T10.
- **ANEXO XV** - Materiais e Parâmetros de soldadura utilizados.
- **ANEXO XVI** - Registo dos equipamentos utilizados no trabalho prático.
- **ANEXO XVII** - Tabela com as medições de dureza na superfície dos testes.

- **ANEXO XVIII** - Tabela com as medições de dureza na secção transversal – ISQ.
- **ANEXO XIX** - Relatórios de Inspeção por Líquidos Penetrantes ao Chanfro: P_APP_T00 – P_APP_T10.
- **ANEXO XX** - Relatórios de Inspeção por Líquidos Penetrantes à Soldadura: P_APP_T00 – P_APP_T10.
- **ANEXO XXI** - Relatórios de Inspeção por Líquidos Penetrantes aos Provetes de Ensaio de Dobragem P_APP_T00 – P_APP_T10.
- **ANEXO XXII** - Relatórios de Inspeção Visual: P_APP_T00 – P_APP_T10.
- **ANEXO XXIII** - Relatórios de Inspeção por Raio-X: P_APP_T00 – P_APP_T10.
- **ANEXO XXIV** - Relatórios de medição de dureza à superfície dos testes com equipamento portátil MIC10: P_APP_T00 – P_APP_T10.
- **ANEXO XXV** - Relatórios de Medição de Dureza na Secção Transversal da Soldadura – Ensaio Realizado pelo ISQ: P_APP_T00 – P_APP_T10.
- **ANEXO XXVI** - Relatórios de Analise Química: P_APP_T00 – P_APP_T10.
- **ANEXO XXVII** - Relatórios de Ensaio Macrográfico: P_APP_T00 – P_APP_T10.
- **ANEXO XXVIII** - Relatórios de Ensaio Micrográfico: P_APP_T00 – P_APP_T10.
- **ANEXO XXIX** - Relatórios de Ensaio de Tração à Temperatura Ambiente (20 °C): P_APP_T00 – P_APP_T10.
- **ANEXO XXX** - Relatórios de Ensaio de Tração a Alta temperatura (600 °C): P_APP_T00 – P_APP_T10.
- **ANEXO XXXI** - Relatórios de ensaio de dobragem: P_APP_T00 – P_APP_T10.

ANEXO I

Visão Global de normas Internacionais, composição química e temperaturas máximas de serviço para os aços CrMo mais utilizados

Aços CrMo	Normas Internacionais		
	ASTM & ASME	DIN/VdTUV	EN
0,5 Mo	T/P 1	16 Mo 3	8MoB 5-4
1,25Cr-0,5Mo	T/P 11	10 CoMo 5-5	10 CrMo 5-5
1,00Cr-0,5Mo	T/P 12	13 CrMo 4-5	13 CoMo 4-5
1,25Cr-0,5MoV	----	15 CrMoV 5-10	---
	T/P 36	15 NiCuMoNb 5 (WB 36)	15 NiCuNb 5
2,25Cr-1Mo	T/P 22	10 CrMo 9-10	10 CrMo 9-10
2,25Cr-1MoV	T/P 22V	---	---
2,25Cr-MoVW	T/P 23	HCM 2S	7CrWVMoNb 9-6
2,25Cr-1MoVTiB	T/P 24	7CrMoVTiB 10-10	7CrMoVTiB 10-10
5Cr-0,5Mo	T/P 502	12CrMo 19-5	---
9Cr-1Mo	T/P 9	X12 CrMo 9-1	X12 CrMo 9-1
9Cr-1Mo mod.	T/P 91	X10 CrMoVNb 9-1	X10 CrMoCNb 9-1
9Cr-0,5MoWV	T/P 911	X11 CrMoWVNb 9-1-1	X11 CrMoWVNb 9-1-1
9Cr-0,5MoWV	T/P 92	X10 CrWMoNb 9-2	---
12Cr-0,25Mo +1,4W1,3Co0,2V	---	X12 CrCoWVNb 11-2-2 (VM 12-SHC) t<10mm	---
12Cr-1MoNiV	---	X20 CrMoV 12-1	X20 CrMoV 11-1

Aços CrMo	Composição química típica (em % peso)										Serviço
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Nb	Outros	Temp, ◦C
0,5 Mo	0,16	0,30	0,82	<0,30	0,32	<0,30	---	---	---	---	<460
1,25Cr-0,5Mo	0,10	0,32	0,68	1,25	0,50	---	---	----	---	---	<545
1,00Cr-0,5Mo	0,13	0,70	0,60	1,00	0,50	---	---	---	---	---	<545
1,25Cr-0,5MoV	0,15	0,30	0,75	1,25	1,05	---	0,26	---	---	---	<545
	0,15	0,35	0,95	---	0,45	1,12	---	---	0,22	Cu:0,62	<545
2,25Cr-1Mo	0,10	0,36	0,69	2,20	1,02	---	---	---	---	---	<545
2,25Cr-1MoV	0,12	0,08	0,50	2,25	1,00	---	0,30	---	---	---	<545
2,25Cr-MoVW	0,08	0,34	0,42	2,32	<0,30	---	0,02	1,55	0,06	N<0,010	<550
2,25Cr-1MoVTiB	0,07	0,28	0,60	2,25	1,04	---	0,24	---	---	N<0,010 B:15-70 ppm Ti: 0,50-0,01	<550
5Cr-0,5Mo	0,12	0,35	0,65	5,10	0,54	---	---	---	---	---	<550
9Cr-1Mo	0,12	0,60	0,40	9,00	1,00	---	---	---	---	---	<585
9Cr-1Mo mod.	0,10	0,36	0,52	8,82	1,02	<0,40	0,22	---	0,08	N: 30-70 ppm	<585
9Cr-0,5MoWV	0,11	0,28	0,54	8,80	1,02	0,25	0,22	1,05	0,08	N:0,05-0,09	<625
9Cr-0,5MoWV	0,10	<0,50	0,55	8,80	0,52	<0,40	<0,23	1,55	0,08	N:0,03-0,07 B:0,001-0,006	<625
12Cr-0,25Mo +1,4W1,3Co0,2V	0,11	0,45	0,20	11,50	0,23	0,28	0,24	1,40	0,07	Co:1,30 N:0,055 B:0,003	<650
12Cr-1MoNiV	0,20	<0,50	<1,00	12,10	1,05	0,65	0,28	---	---	---	<585

ANEXO II

Materiais que podem ser usados em aplicações que operam a alta temperatura

Material	Cr	Ni	Mo	Si	Cu	Al	Mn	C	Fe	Outro / *Other*
15Mo3	0.30	0.30	0.30	0.26	0.30	-	0.65	0.16	97.60	-
SA213 - T12	1.00	-	0.50	0.45	-	-	0.45	0.10	97.50	P,S
13CrMo44	1.00	0.30	0.30	0.26	0.30	-	0.55	0.14	97.10	-
SA213 - T11	1.25	-	0.50	0.75	-	-	0.45	0.15	96.90	P
10CrMo910	2.30	-	1.00	-	-	-	0.50	-	96.10	-
SA213 - T22	2.25	-	1.00	0.75	-	-	0.45	0.15	95.40	P
X10CrMoVNb91	9.00	0.30	1.00	0.40	-	-	0.50	-	88.70	V, Nb
SA213 - T91	9.00	0.33	0.99	0.24	-	0.03	0.45	0.11	88.70	Cb,N
HCM 12	12.00	-	1.00	-	-	-	-	-	86.90	V, Nb
X20CrMoV121	12.00	0.50	1.00	0.50	-	-	0.50	0.23	85.20	V
AISI 304	19.00	9.50	-	-	-	-	-	-	71.40	-
SS 3338	18.00	12.00	-	0.72	-	-	0.15	-	69.20	Nb, Ta
AISI 316	17.00	11.00	2.70	-	-	-	-	-	69.20	-
AISI 321	18.50	10.20	-	0.75	-	-	2.00	0.06	68.50	-
AISI 347	17.50	10.30	-	1.30	-	0.70	1.60	0.08	68.40	Nb, Ta
245 MA	21.00	11.00	-	1.70	-	-	-	-	66.20	-
2205	22.00	5.50	3.20	1.00	-	-	2.00	-	66.20	-
Esshete 1250	16.00	11.00	1.25	1.00	-	-	7.00	-	62.50	V, Nb
AISI 309	23.00	14.50	-	0.70	-	-	1.50	0.10	60.20	P
HR2M	22.20	14.40	1.49	0.55	-	-	3.14	0.03	58.10	N
YUS170	24.40	13.20	1.50	0.78	-	-	0.58	0.02	59.50	N, P
800 modificado *800 modified*	20.00	30.00	1.50	0.20	-	-	1.50	0.10	53.90	Ti,Nb,V
AISI 310	25.00	20.50	-	0.50	-	-	-	0.08	53.80	-
SAVE 25	23.00	18.00	-	0.40	3.00	-	1.00	0.10	52.30	Nb,W,N
NF709	20.00	25.00	1.50	0.60	-	-	1.0	0.07	50.80	Ti,Nb,N
Liga 800 HT *Alloy 800 HT*	21.00	32.50	-	0.50	0.40	0.40	0.75	0.05	44.30	Ti
HR3C	25.00	29.50	-	0.42	1.28	-	1.10	0.06	42.60	N
AC66	27.00	32.00	-	0.25	-	0.02	0.80	0.06	39.20	Ce, Nb
Sanicro 28	27.00	31.00	3.50	-	1.00	-	0.05	0.01	37.30	-
Sanicro 38	21.00	38.00	2.50	0.30	1.70	-	0.80	-	35.60	Ti
Liga 825 *Alloy 825*	22.00	39.00	3.50	0.36	-	-	0.50	-	34.50	Ti
HR11N	28.50	41.20	1.06	0.12	-	-	0.50	0.01	28.60	N
HR120	25.00	37.00	2.50	0.60	0.18	0.10	0.70	0.05	27.50	Nb,Co,W
Nicrofer 45 TN	27.00	46.90	-	2.70	-	0.20	-	0.08	23.00	Re
Super 625	21.00	52.70	8.97	0.21	-	0.28	0.20	0.01	15.80	Nb
Liga 600	15.50	74.00	-	0.25	0.26	-	0.50	0.07	9.30	V, Nb
Sanicro 65	21.00	61.00	8.40	0.35	-	-	0.38	-	8.80	-
Liga 625 *Alloy 625*	21.00	58.00	9.00	0.50	-	0.40	0.50	0.10	5.00	Nb, Ti
Liga TD *Alloy TD*	22.00	74.80	3.00	1.40	-	-	-	0.01	0.10	Ce, La

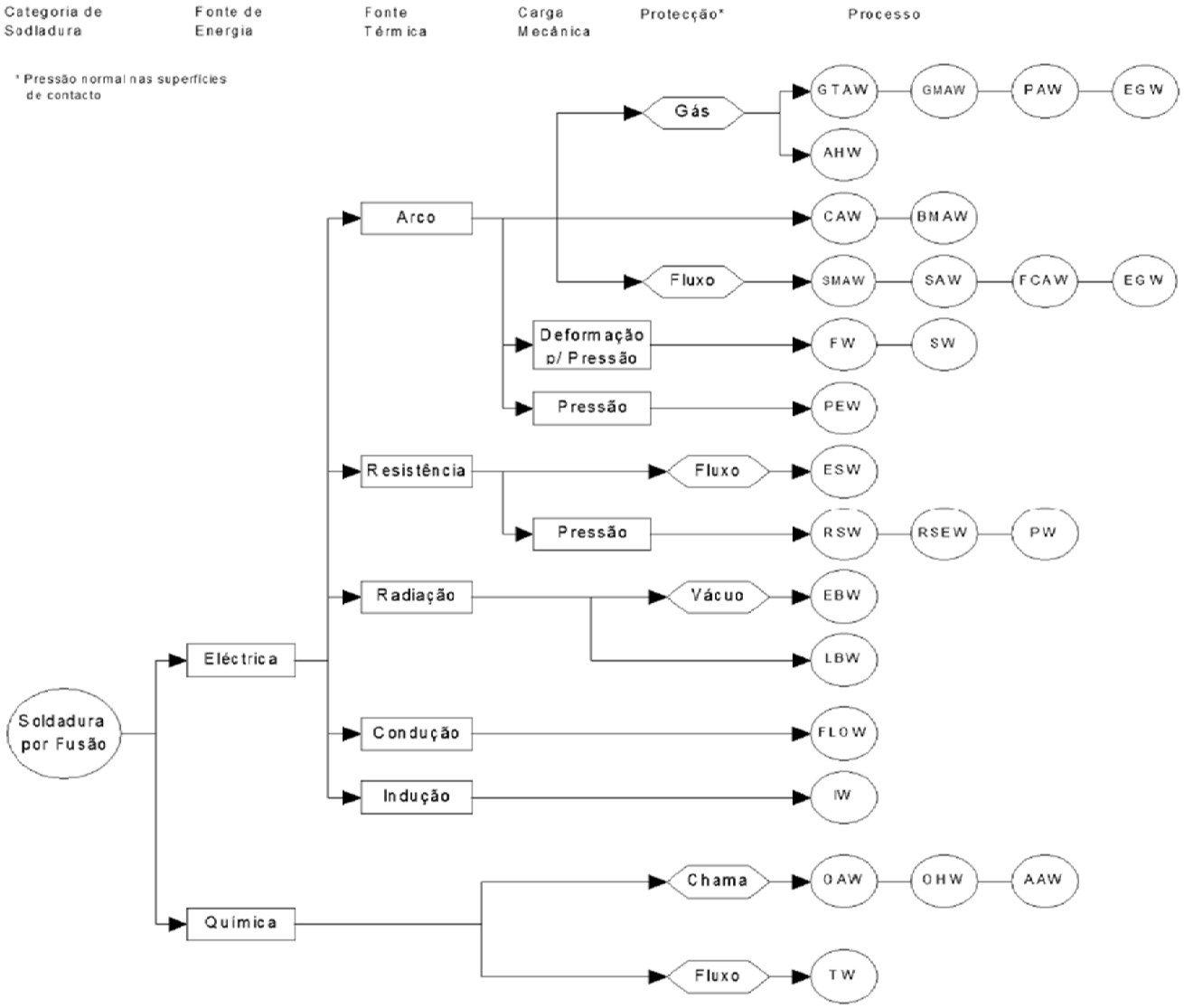
ANEXO III

Resumo de características básicas de algumas fases nos aços 9-12%Cr

Precipitado	Formado durante:	Local onde ocorre a precipitação:	Caracterizada por:	Principal contributo:
$M_{23}C_6$	Revenido	Grãos da austenite prévia e nas fronteiras das placas da martensite	Taxa de crescimento média durante a fluência	Fortalecimento por precipitação
Nb(C,N)	Solidificação	Fronteiras de grão da austenite	Restrição do crescimento de grão	Fortalecimento por precipitação
$M_2X(Cr_2N)$	Revenido abaixo dos 700 °C	Dentro dos subgrãos e placas de martensite	Dissolução durante a fluência a altas temperaturas	Fortalecimento por precipitação
Secundário MX(VN)	Revenido acima dos 700 °C e exposição a fluência	Dentro dos subgrãos, placas de martensite e/ou deslocações	Alta estabilidade dimensional durante a fluência	Fortalecimento por precipitação
Cr(V,Nb)N Z-Phase	Exposições a fluência a longo prazo	M23C6, Nb(C,N)	Dissolução do Nb(C,N), M2X e VN	Abaixamento do fortalecimento por precipitação
Laves Phase $Fe_2(Mo,W)$	Exposições a fluência a longo prazo	Grãos e fronteiras de subgrãos dos M23C6	Dissolução acima dos 650 °C e rápidos engrossamento a 600 °C	Diminuição do fortalecimento da solução solida, abaixamento do fortalecimento por precipitação, plasticidade pobre
M_6X	(>1,6%Mo) exposições a fluência a longo prazo	Grãos e fronteiras de subgrãos dos M23C6	Alta taxa de engrossamento, dissolução dos M2X e Nb(C,N), diminuição do Mo, W na solução solida	Diminuição do fortalecimento da solução solida, abaixamento do fortalecimento por precipitação, plasticidade pobre
Plasticidade AIN	Revenido	Grãos e fronteiras de subgrãos	Alta taxa de engrossamento, redução do N na solução solida	Plasticidade pobre

ANEXO IV

Classificação dos Processos de Soldadura

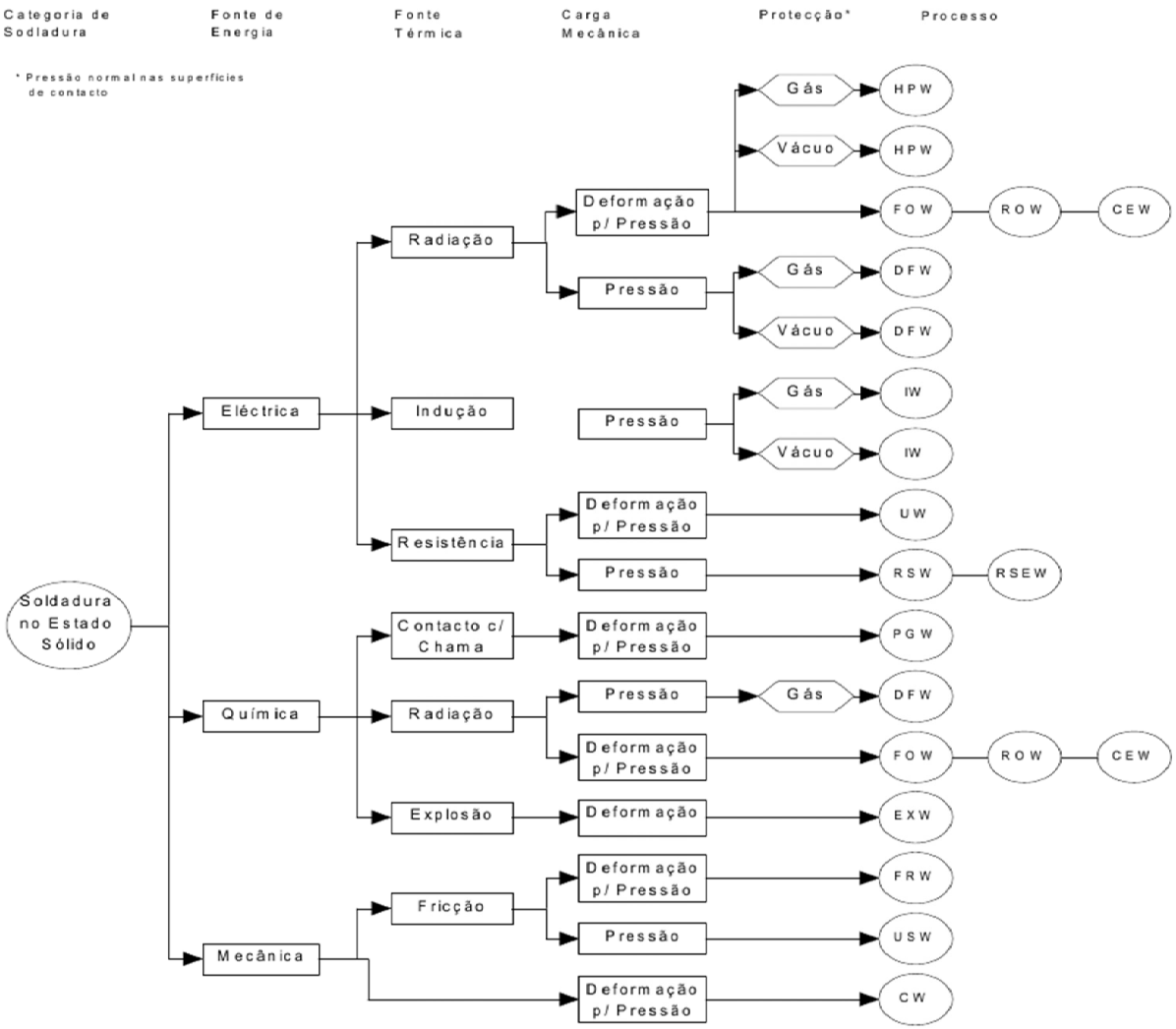


Definições

Processo	Sigla
soldadura ar acetileno	AAW
soldadura por hidrogénio atómico	AHW
soldadura por arco	AW
soldadura com eléctrodo nu	BMAW
soldadura com eléctrodo de carbono	CAW
soldadura por feixe de electrões	EBW
soldadura electrogás	EGW
soldadura por electroescória	ESW
soldadura com fios fluxados	FCAW
soldadura por condução (derrame)	FLOW
soldadura por faiscamento	FW
soldadura MIG-MAG	GMAW
soldadura TIG	GTAW

Definições

Processo	Sigla
soldadura por indução	IW
soldadura por laser	LBW
soldadura por oxiacetileno	OAW
soldadura por oxihidrogéneo	OHW
soldadura por plasma	PAW
soldadura por percursão	PEW
soldadura por projecção	PW
soldadura por resistência por roletes (costura)	RSEW
soldadura por resistência por pontos	RSW
soldadura por arco submerso	SAW
soldadura por eléctrodos revestidos	SMAW
soldadura de pernos por arco	SW
soldadura por aluminotermia	TW

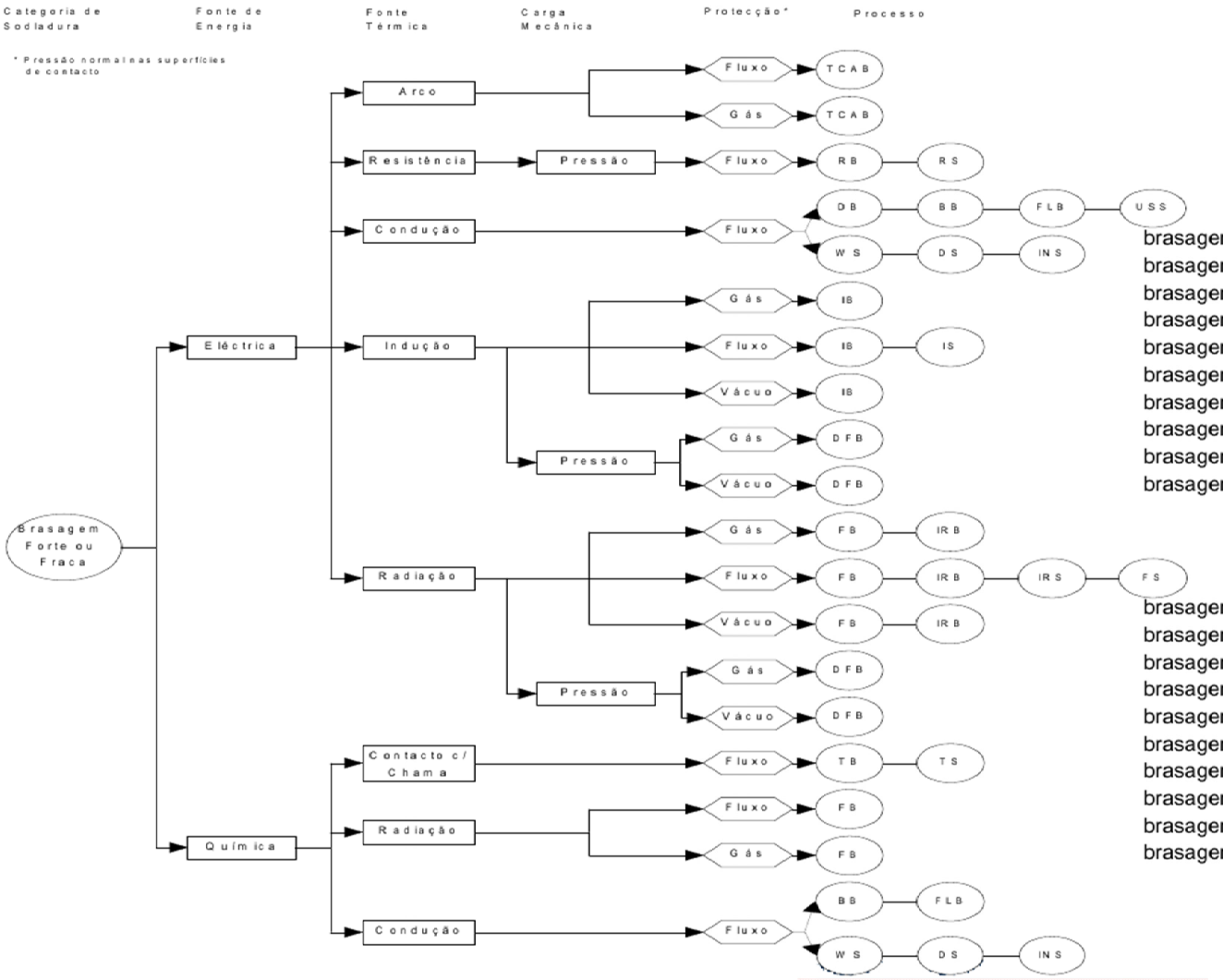


Definições

Processo	Sigla
soldadura por coextrusão	CEW
soldadura por pressão a frio	CW
soldadura por difusão	DFW
soldadura por explosão	EXW
soldadura por forjamento	FOW
soldadura por fricção	FRW
soldadura por pressão a quente	HPW

Definições

Processo	Sigla
soldadura por indução	IW
soldadura por pressão de gás	PGW
soldadura por roletes	ROW
soldadura por resistência por roletes (costura)	RSEW
soldadura por resistência por pontos	RSW
soldadura por esmagamento	UW



Definições

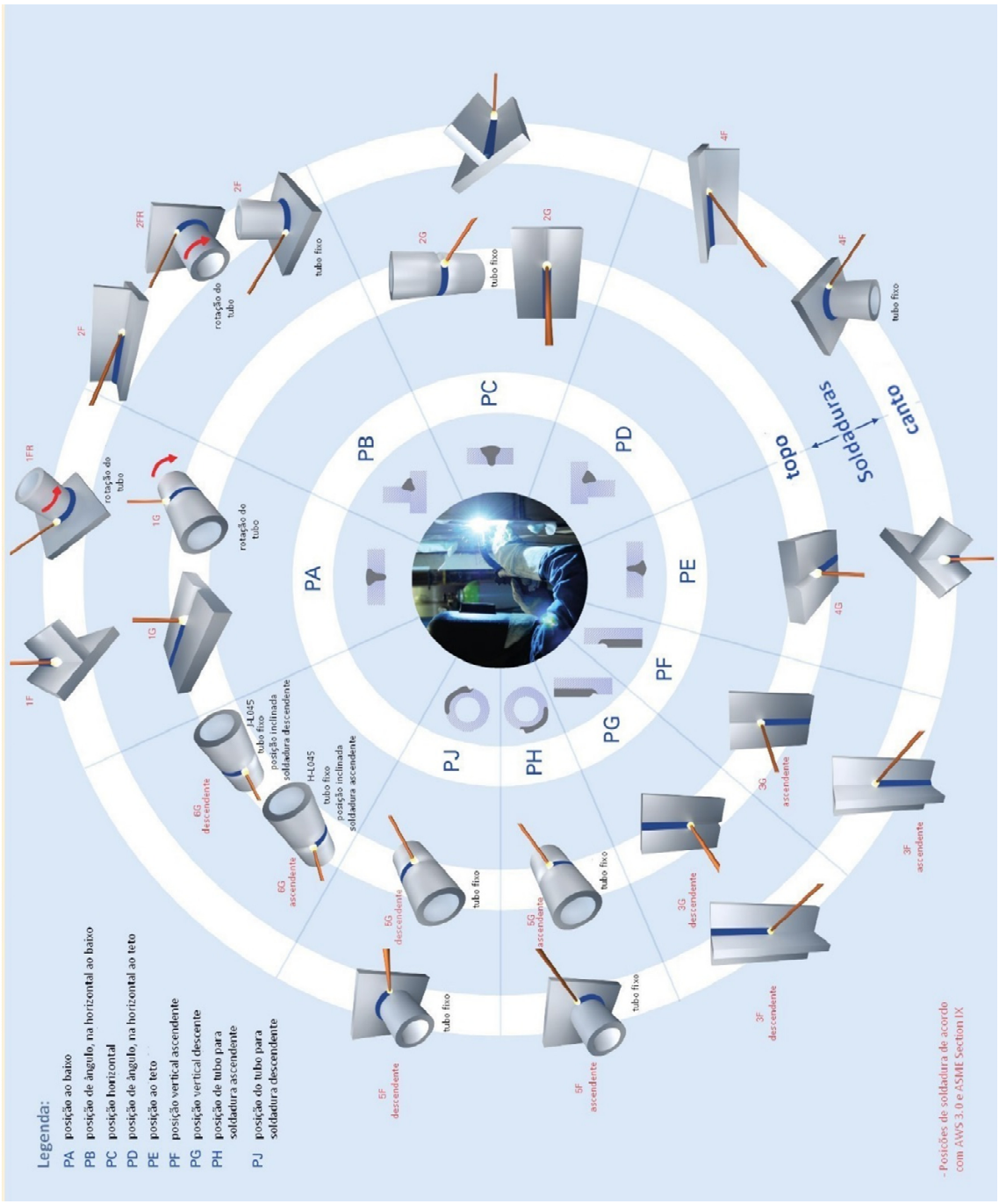
Processo	Sigla
brasagem forte por Arco	AB
brasagem com blocos	BB
brasagem forte por imersão	DB
brasagem forte por difusão	DFB
brasagem fraca por imersão	DS
brasagem forte em forno	FB
brasagem por derrame	FLB
brasagem fraca em forno	FS
brasagem forte por indução	IB
brasagem fraca com ferro de brasagem	INS

Definições

Processo	Sigla
brasagem forte por infravermelhos	IRB
brasagem forte por infravermelhos	IRS
brasagem fraca por indução	IS
brasagem forte por resistência	RB
brasagem fraca por resistência	RS
brasagem forte a maçarico	TB
brasagem forte por arco duplo de eléctrodo de carbono	TCAB
brasagem fraca a maçarico	TS
brasagem fraca por ultra-sons	USS
brasagem fraca em onda	WS

ANEXO V

Posições de soldadura definidas pela Norma EN ISO 6947, AWS3.0 e ASME Section IX


Legenda:
PA posição ao baixo
PB posição de ângulo, na horizontal ao baixo
PC posição horizontal
PD posição de ângulo, na horizontal ao teto
PE posição ao teto
PF posição vertical ascendente
PG posição vertical descente
PH posição de tubo para soldadura ascendente
PJ posição do tubo para soldadura descendente
- Posições de soldadura de acordo com AWS 3.0 e ASME Section IX
Soldaduras
topo
canto
PA
PB
PC
PD
PE
PF
PG
PH
PJ
1F
1FR
2F
2FR
1G
2G
3F ascendente
3F descendente
3G ascendente
3G descendente
4F
4G
5F ascendente
5F descendente
5G ascendente
5G descendente
6G ascendente
6G descendente
H-L045 tubo fixo posição inclinada soldadura ascendente
H-L045 tubo fixo posição inclinada soldadura descendente
rotação do tubo
tubo fixo

ANEXO VI

Materiais de adição para alguns materiais CrMo

Steel Type	ASTM/ ASME steel Grade		Filler material – Welding – AWS class.			
	Plate	Pipe/Tube	SMAW	GMAW	GTAW	SAW
Mn-Mo Mn-Mo-Ni	A302Gr.B, C,D A533Type A,B,C,D		E9016-G E10016-G	ER80S-G ER90S-G	ER80S-G ER90S-G	F9P4-EG-G F10P2-EG-G
0.5Mo	A204Gr.A, B,C	A209Gr.T1 A335Gr.P1	E7016-A1	ER80S-G	ER80S-G	F8P6-EA3-A3 F9A6-EA3-A3 F8P6-EG-A4 F8A4-EG-A4 F8P6-EA4-A4 F8A4-EA4-A4
0.5Cr-0.5Mo	A387Gr2 Cl.1,Cl.2	A213Gr.T2 A335Gr.P2	E8013-G E8016-B1	ER80S-G		
1Cr-0.5Mo 1.25Cr-0.5Mo	A387Gr.12 Cl.1, Cl.2 A387Gr.11 Cl.1, Cl.2	A213Gr. T11, T12 A335Gr. P11, T12	E8016-B2 E7015-B2L E8018-B2	ER80S-G	ER80S-G ER80S-B2	F7PZ-EG-B2 F8P2-EG-B2
2.25Cr-1Mo	A387Gr.22 Cl.1, Cl.2	A213Gr.T22 A335Gr.P22	E9016-B3 E8015-B3L E9018-B3	ER90S-G	ER90S-G ER80S-G ER80S-B3	F8P2-EG-B3 F9P2-EG-B3
2.25Cr-1Mo-V	A542Type D Cl. 4a A832Gr.22 V	----------	----------	----------	----------	----------
Low C 2.25Cr-W-V-Nb	----------	SA213Gr. T23 SA335Gr. P23	----------	----------	----------	----------
5Cr-0.5Mo	A387Gr.5 Cl.1, Cl.2	A213Gr.T5 A335Gr.P5	E8016-B6	ER80S-B6	ER80S-B6	F7P2-EG-B6
9Cr-1Mo	A387Gr.9 Cl.1, Cl.2	A213Gr.T9 A335Gr.P9	E8016-B8	ER80S-B8	ER80S-B8	----------
9Cr-1Mo-V-Nb	A387Gr.91 Cl.2	A213Gr.T91 A335Gr.P91	E9016-G E9016-B9 E9015-B9	ER90S-G	ER90S-G ER90S-B9	F10PZ-EG-G F9PZ-EB9-B9
9Cr-W-V-Nb 12Cr-W-V-Nb	----------	A213GrT92 A335Gr.P92 SA213Gr.T122 SA335Gr.P122	----------	----------	----------	----------

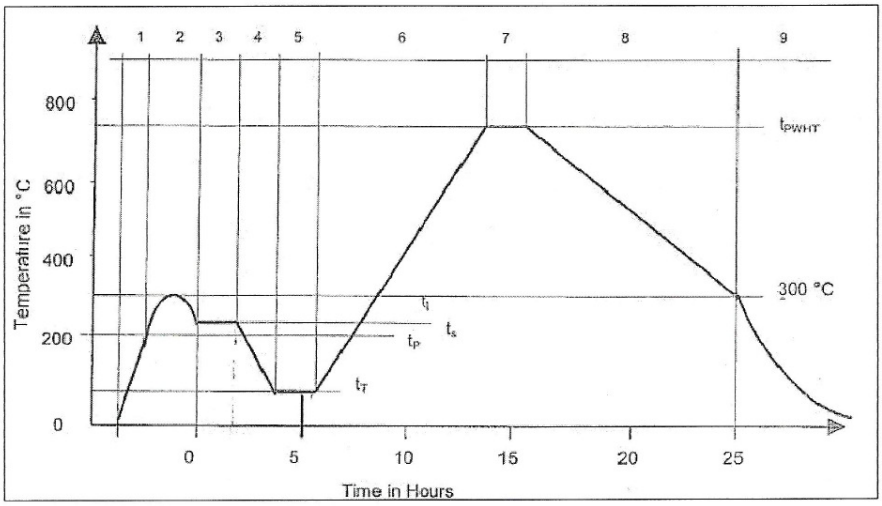
ANEXO VII

Ciclo térmico fornecido à Empresa pelo Cliente

ARSOPI
APARTADO 10–3731 VALE DE CAMBRA–CODEX
PORTUGAL

WPS Nº. _____ SHEET 2/2
FOLHA 2/2

ANNEX (ANEXO)



1. PreHeating (Pré–aquecimento)
2. Welding (Soldadura)
3. Soaking (Pós–aquecimento)
4. Cooling Down Controlled – 80°C (máx.100°C/h)
   (Arrefecimento controlado até 80°C (máx.100°C/h)
5. Holding 2h – 80°C (Patamar 2h – 80°C)

6; 7; 8; 9. PWHT (Tratamento térmico pós–soldadura)

	Defination of Temperature	Value
t_P	Preheating (Pré-aquecimento)	250°C
t_S	Soaking Temperature (Pós-Aquecimento)	250°C
t_I	Interpass Temperature (Temperatura de Interpasse)	300°C
t_T	Transformation Temperature (Temperatura de Transformação)	20°C - 80°C
t_{PWHT}	Postweld Heat Treatment Temperature (Tratamento térmico Pós-soldadura)	750°C ± 10°C
	Heating Rate (Taxa Aquecimento)	max. 100°C/h
	Cooling Rate (Taxa Arrefecimento)	max. 50°C/h

ARSOPI	INSPECTION Inspecção	CLIENT Cliente

Mod.ASP.TE.508.01.07

ANEXO VIII

Procedimento de Soldadura (apenas com os parâmetros constantes)

ARSOPI
APARTADO 10-3730-954 VALE DE CAMBRA
PORTUGAL

PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)

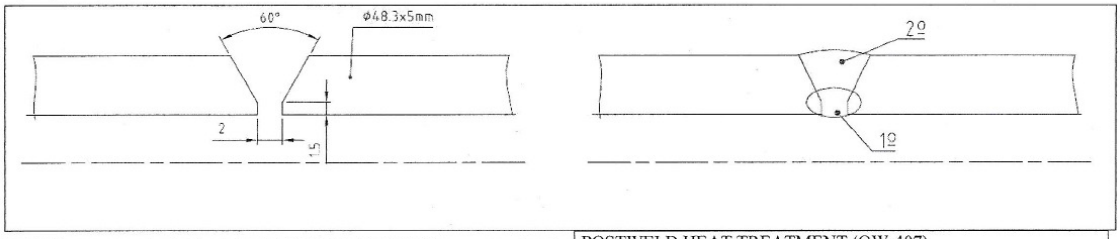
QUALIFICAÇÀO DE PROCEDIMENTO DE SOLDADURA
SECTION IX, ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE

PROCEDURE QUALIFICATION RECORD Nº **ASP /2012** DATE
qualificação de procedimento nº Data

WPS Nº **ASP /2012**

WELDING PROCESS(ES) **GTAW**
Processo(s) de soldadura

TYPES (Manual, Automatic, Semi-Auto.) **MANUAL**
tipos (Manual, Automático, Semi-Autornático)



BASE METALS (QW-403)
Metais Base

MATERIAL SPEC. Especificação do material	**SA 213 / SA 335**		
TYPE OR GRADE Tipo ou grau	**TP 91**		
P-Nº	**15 E**	TO P-N	**15 E**
P-N'		a P-N'	
THICKNESS OF TEST COUPON Espessura do provete	**5 mm**		
DIAMETER OF TEST COUPON Diametro do provete	**48.3 mm**		
OTHERS Outros			

FILLER METALS (QW-404)
Metais de adição

SFA SPECIFICATION SFA Especificação	**5.28**
AWS CLASSIFICATION AWS Classificação	**ER90S-B9**
FILLER METAL F-No Metal de adição	**6**
WELD METAL ANALYSIS A-No Analise do metal de soldadura	**5**
SIZE OF FILLER Dimensão do material	**2 mm**
OTHER Outro	———
WELD METAL THICKNESS Espessura do metal de soldadura	**5 mm**

POSITION (QW-405)
Posição

POSITION OF GROOVE Posição da junta	**2G**
WELD PROGRESSION (uphili, downhill) Progressão de soldadura (ascendente, descendente)	———
OTHER Outro	———

PREHEAT (QW-406)
Pré-Aquecimento

PREHEAT TEMP Temperatura de pré-aquecimento	
INTERPASS TEMP. Temperatura de interpasse	**300ºC**
PREHEAT METHODE Método de pré-aquecimento	**Resistance (Resistência)**
OTHER Outro	———

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)
Tratamento térmico após soldadura

TEMPERATURE Temperatura	
TIME Tempo	
OTHER Outro	Heating rate ≤ Cooling rate ≤

GAS (QW-408)
Gas

	PERCENT COMPOSITION Percentagem da composição GAS(ES) Gas(es)	MISTURE Mistura	FLOW RATE Caudal
SHIELDING Protecção	**Ar – 100%**	———	**12-14L/min**
TRAILING Suplementar	———	———	———
BACKING Raiz	**Ar – 100%**	———	**6-8L/min**

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)
Caracteristicas eléctricas

CURRENT Corrente	**DC**		
POLARITY Polaridade	**STRAIGHT**		
AMPS Intensidade	**1º; 2º -**	VOLTS Tensão	**1º; 2º -**
TUNGSTEN ELECTRODE SIZE AND TYPE Diâmetro do eléctrodo de tungstênio e tipo	**Ø2.4 mm EWCe-2**		
OTHER Outro	Heat Input: 0.99-1.58Kj/mm		

TECHNIQUE (QW-4 1 0)
Técnica

TRAVEL SPEED Velocidade de trabalho	**1º - mm/min** **2º - mm/min**
STRING OR WEAVE BEAD Cordão rectilíneo ou oscilante	**STRING**
OSCILLATION Oscilação	**NO**
SINGLE OR MULTIPLE ELECTRODES Eléctrodos simples ou múltiplos	**MULTIPLE**
OTHER Outro	———

ARSOPI
APARTADO 10–3731 VALE DE CAMBRA–CODEX
PORTUGAL

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

ESPECIFICAÇÃO DE SOLDADURA

SECTION IX, ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION N°. ASP53/2012 **DATE** 2012.10.26 **SUPPORTING PQR N°(s)** (In Qualification)
Especificação de soldadura n°. Data PQR de suporte

WELDING PROCESS(ES) GTAW **(Manual, Automatic, Machine or Semi-Auto.)** MANUAL
Processo(s) de soldadura (Manual, Automático, Mecanizado ou Semi-Automático)

REV. 0 **SHEET** 1/2 FOLHA 1/2

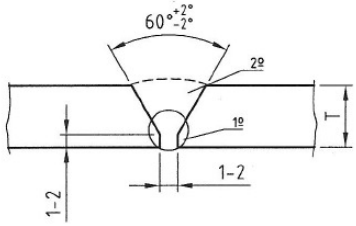
JOINTS (QW-402)
Juntas

JOINT DESIGN V
Desenho da junta

BACKING (YES) OTHERS **(NO)** FIRST RUN
Cobre junta (sim) (não)

BACKING MATERIAL (Type) WELDING MATERIAL
Material da cobre junta (Refer to both backing and retainers.) (Referir os dois, cobrejunta e de suporte)

☐ **METAL** Metal
☐ **NONFUSING METAL** Metal não fusivel
☐ **NONMETALLIC** Não metálico
☒ **OTHER (No retainers used)** Outra (Sem cobre junta)



BASE METALS (QW-403)
Metais base

P-N°. 15 E **GROUP N°.** 1 **TO P-N°.** 15 E **GROUP N°.** 1
P-N°. Grupo N°. a P-n°. Grupo N°.

OR
OU

SPECIFICATION TYPE AND GRADE SA 213 TP91
Especificação tipo e grau

TO SPECIFICATION TYPE AND GRADE SA 213 TP91
A Especificação tipo e grau

OR
OU

CHEM. ANALYSIS AND MECH. PROP. ———
Análise química e propriedades mecânicas

TO CHEM. ANALYSIS AND MECH. PROP. ———
A Análise química e propriedades mecânicas

THICKNESS RANGE:
Gama de espessuras

BASE METAL: Metal base **GROOVE** Junta ϕ48.3x5 mm **FILLET** Canto ———

PIPE DIA. RANGE: Gama de diametros em tubo **GROOVE** Junta ——— **FILLET** Canto ———

OTHER Outro

FILLER METALS (QW-404) Metais de adição	
SPEC.N°.(SFA) Especificação	5.28
AWS N°. (CLASS.) AWS N°. (class.)	ER90S-B9
F-N° F-N°.	6
A-N° A-N°.	5
SIZE OF FILLER METALS Dimensão do metal de adição	2 mm
WELD METAL Metal depositado	
THICKNESS RANGE: Gama de espessuras	5 mm
GROOVE Junta	———
FILLET Canto	———
ELECTRODE-FLUX (CLASS.) Electrodo-fluxo (class.)	———
FLUX TRADE NAME Marca comercial do fluxo	———
CONSUMABLE INSERT Consumivel adicional	NO CONSUMABLE INSERT
OTHER Outra	———

Mod.ASP.TE.508.01.07

ARSOPI
APARTADO 10–3731 VALE DE CAMBRA–CODEX
PORTUGAL

QW-482

WPS Nº. ASP53/2012 **SHEET 2/2** FOLHA 2/2

POSITIONS (QW-405)
Posições
POSITION(s) OF GROOVE A (1G)
Posição da junta
WELDING PROGRESSION: UP —— **DOWN** ——
Progressão de soldadura Ascendente Descendente
POSITION(s) OF FILLET ——
Posição de soldadura de canto

PREHEAT (QW-406)
Préaquecimento
PREHEAT TEMP. MIN. 250°C
Temp. préaquecimento Min.
INTERPASS TEMP. MAX. 300° C
Temp. interpasse Max.
PREHEAT MAINTENANCE Resistance (Resistência)
Manutenção do Préaquecimento

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)
Tratamento térmico após soldadura
TEMPERATURE RANGE 750 ∓ 10°C
Gama de temperaturas
TIME RANGE According Heat Treatment Specification
Gama de tempo

GÁS (QW-408)
Gás

	GAS(ES) Gas(es)	(MIXTURE) (Mistura)	FLOW RATE Caudal
SHIELDING Protecção	Ar (100%)	——	12-14l/min
TRAILING Suplementar	——	——	——
BACKING Raiz	Ar (100%)	——	6-8l/min

PERCENT COMPOSITION
Composição em percentagem

Post Heating - 250°C
Time - 2 hours
SEE ANNEX (Ver anexo)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)
Caracteristicas eléctricas
CURRENT AC OR DC DC
Corrente AC ou DC
POLARITY STRAIGHT (DIRECTA)
Polaridade
AMPS (RANGE) 80 - 100 A
Intensidade (Gama)
VOLTS (RANGE) 10-12V
Tensão (Gama)
TUNGSTEN ELECTRODE SIZE AND TYPE Ø 2.4 mm EWCe-2
Dimensão e tipo do Electrodo de tungsténio
MODE OF METAL TRANSFER FOR GMAW ——
Modo de transferência para GMAW
ELECTRODE WIRE FEED SPEED RANGE
Gama de velocidade de alimentação de fio

TECHNIQUE (QW-410)
Técnica
STRING OR WEAVE BEAD STRING (RECTILINEO)
Cordão rectilineo ou oscilatório
ORIFICE OR GAS CUP SIZE 9 mm
Tamanho do orificio ou do bocal de saida de gás
INITIAL AND INTERPASS CLEANING (BRUSHING, GRINDING, ETC.) BRUSHING ; GRINDING
Limpeza inicial e interpass (escovagem, rebarbagem, etc.)
METHOD OF BACK GOUGING GRINDING
Método de chanfragem
OSCILLATION NO
Oscilação
CONTACT TUBE TO WORK DISTANCE ——
Distância do bocal à peça
MULTIPLE OR SINGLE PASS (PER SIDE) MULTIPLE
Passe multiplo ou simples
TRAVEL SPEED (RANGE) 35-57 mm/min
Gama de velocidade de avanço
PEENING NO
Martelagem
OTHER ——
Outro

WELD Soldadura		FILLER METAL Metal de adição		CURRENT Corrente		VOLT RANGE	TRAVEL SPEED RANGE	OTHERS Outros
LAYER(S) Passe(s)	PROCESS Processo	CLASS. Classificação	DIA. Diâmetro	TYPE-POLAR. Tipo-polaridade	AMP. RANGE Gama Intensidade	Gama de Tensão	Gama de velocidades de avanço	(OBS.)
1º; 2º	GTAW	ER90S-B9	2 mm	DC(-)	80 - 100A	10 - 12V	35 - 57 mm/min	0,84-2,00 Kj/mm

ARSOPI INSPECTION Inspecção CLIENT Cliente

Mod.ASP.TE.508.01.07

PQR
QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDADURA

CÓDIGO: **ASME IX** **ASP /2012**
CODE

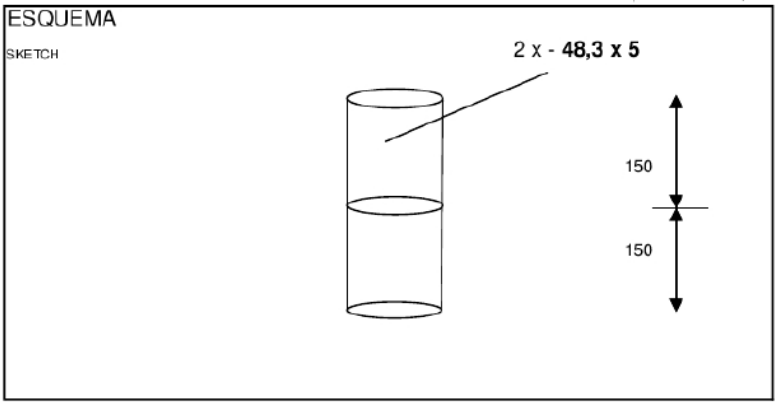
PROCESSO: **GTAW**
PROCESS

POSIÇÃO: **2G**
POSITION

MATERIAL BASE: **SA 213 T91 / SA 335 P91**
BASE MATERIAL

MATERIAL DE ADIÇÃO: **ER90S-B9**
FILLER MATERIAL

ESQUEMA
SKETCH



TESTES:
TESTING

CORTE:

LP/ RX - 100% -

2 TRACÇÕES TRANSVERSAIS - QW 150
2 TRANSVERSE TENSILE

4 DOBRAGENS TRANSVERSAIS (2FACE + 2RAIZ) - QW 160
4 TRANSVERSE BEND TEST (2FACE + 2ROOT)

1 MACRO/ MICRO COM DUREZAS - QW 183
1 MACRO / MICROSECTION WITH HARDNESS

1 ANÁLISE QUIMICA
CHEMICAL ANALYSIS

ARSOPI	INSPECÇÃO INSPECTION	CLIENTE CLIENT

ANEXO IX

Mapa de experiências dos testes efetuados

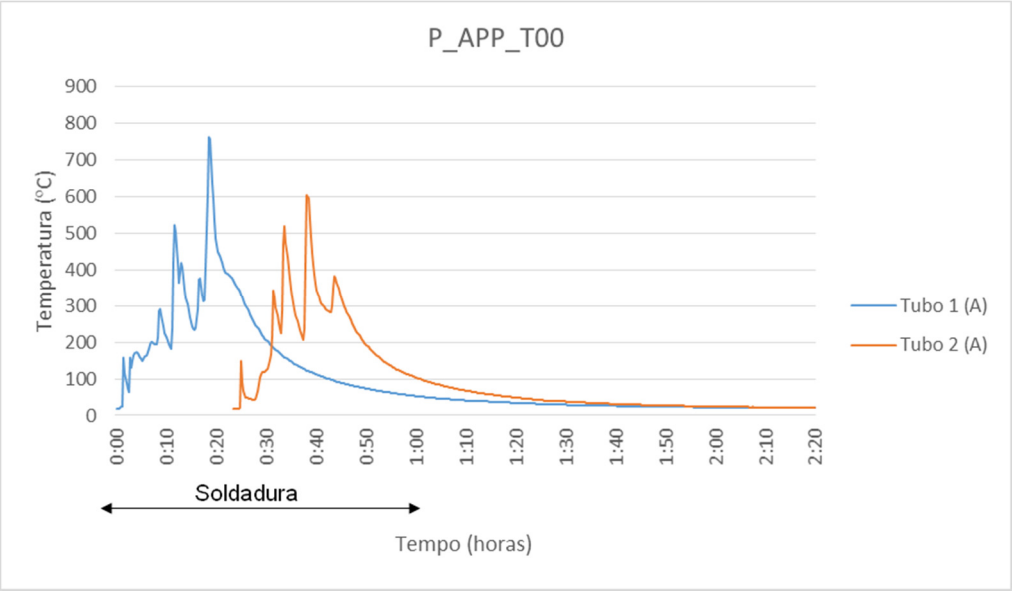
			Pré aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento					
Teste	**Nº Carga**	**Data Inicio**	**Taxa de aq. (℃/h)**	**Temp. (℃)**	**Tempo Após sold. (min.)**	**Taxa de arr. (℃/h)**	**Temp. (℃)**	**Tempo (min.)**
P_APP_T00	211670	-----	-----					
P_APP_T01	211670	08/04/2014	100	250	120	50	60	120
P_APP_T02	211670	25/04/2014	100	250	Isolado com manta cerâmica			
P_APP_T03	211670	25/04/2014	100	250	120	50	60	120
P_APP_T04	211670	25/04/2014	-------	250	30	100	60-70	30
P_APP_T05	979241	16/07/2014	----	----	----	----	----	----
P_APP_T06	979241	22/07/2014	100	250	----	----	----	----
P_APP_T07	979241	29/07/2014	100	250	Isolado com manta cerâmica			
P_APP_T08	979241	16/09/2014	100	250	120	50	Tambiente	----
P_APP_T09	979241	30/09/2014	-------	250	120	50	60	120
P_APP_T10	979241	15/10/2014	100	250	Mal termina a soldadura arrancar logo para o revenido.			

		PWHT - (Tipo localizado - on site)				
Teste	**Data Fim**	**Taxa de aq. (℃/h)**	**Temp. (℃)**	**Tempo (min.)**	**Taxa de arr. (℃/h)**	**Temp. (℃)**
P_APP_T00	-----	-----				
P_APP_T01	09/04/2014	100	750	120	50	300
P_APP_T02	12/11/2014	100	750	120	50	300
P_APP_T03	12/11/2014	100	750	120	50	300
P_APP_T04	26/04/2013	100	750	120	50	300
P_APP_T05	17/07/2014	100	750	120	50	300
P_APP_T06	23/07/2014	100	750	120	50	300
P_APP_T07	30/07/2014	100	750	120	50	300
P_APP_T08	17/09/2014	100	750	120	50	300
P_APP_T09	01/10/2014	100	750	120	50	300
P_APP_T10	16/10/2014	100	750	120	50	300

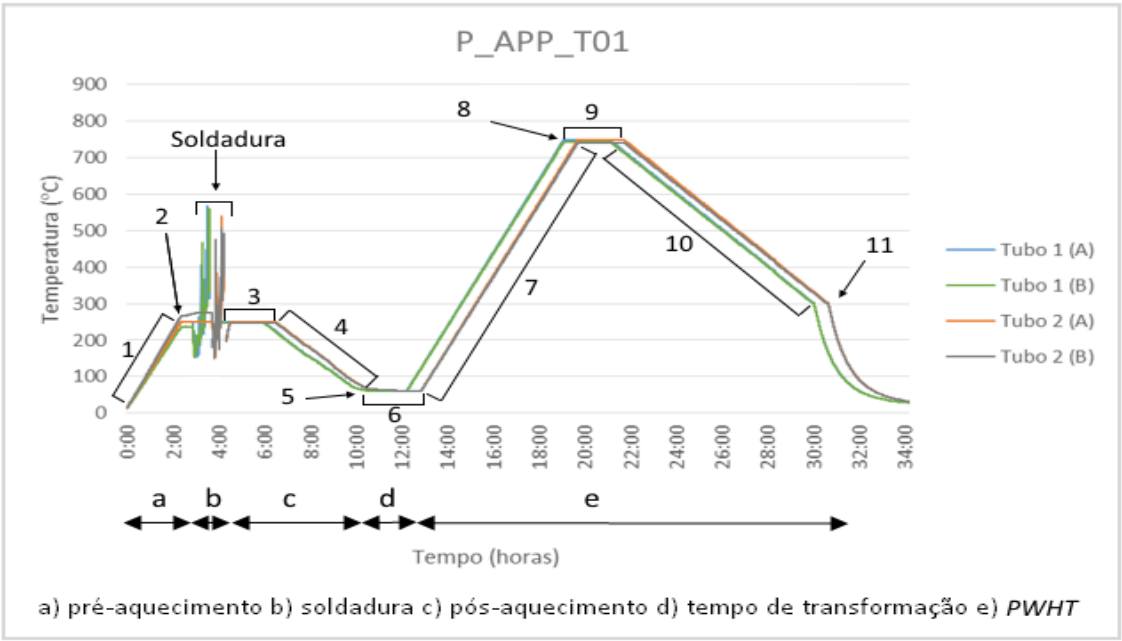
ANEXO X

Gráficos com o registo de temperaturas das experiencias

P_APP_T00										
Pré aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						PWHT - (Tipo localizado - on site)				
Taxa de aquecim. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo Após soldadura (min.)	Taxa de arref. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de aquecim. (℃/h))	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de arref. (℃/h)	Temp. (℃)
----------						----------				

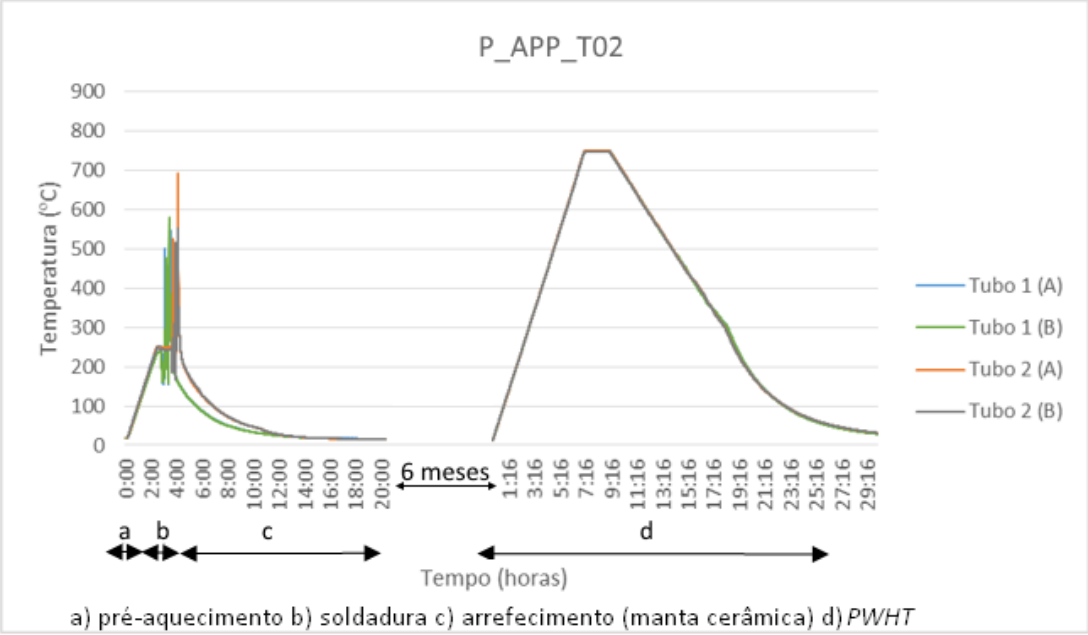


P_APP_T01										
Pré aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						PWHT - (Tipo localizado - on site)				
Taxa de aquecim. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo Após soldadura (min.)	Taxa de arref. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de aquecim. (℃/h))	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de arref. (℃/h)	Temp. (℃)
100	250	120	50	60	120	100	750	120	50	300
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11



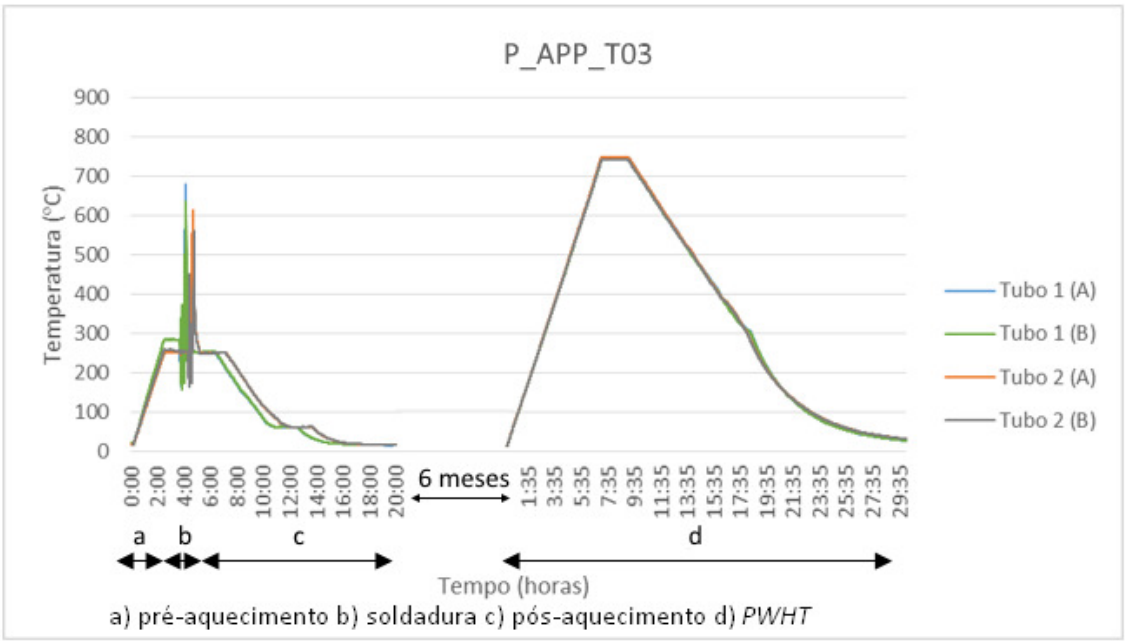
a) pré-aquecimento b) soldadura c) pós-aquecimento d) tempo de transformação e) *PWHT*

P_APP_T02										
Pré aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						PWHT - (Tipo localizado - on site)				
Taxa de aquecim. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo Após soldadura (min.)	Taxa de arrefecim. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de aquecim. (℃/h))	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de arrefim. (℃/h)	Temp. (℃)
100	250	Embrulhado em manta cerâmica				100	750	120	50	300



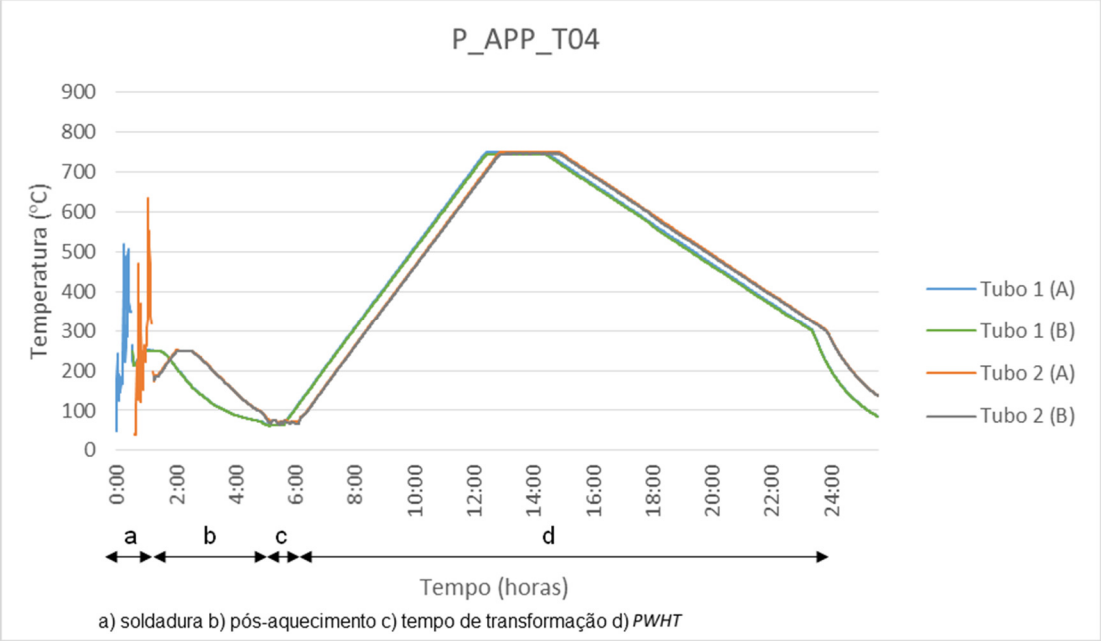
a) pré-aquecimento b) soldadura c) arrefecimento (manta cerâmica) d) *PWHT*

P_APP_T03										
Pré aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						PWHT - (Tipo localizado - on site)				
Taxa de aquecim. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo Após soldadura (min.)	Taxa de arref. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de aquecim. (℃/h))	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de arref. (℃/h)	Temp. (℃)
100	250	120	50	60	120	100	750	120	50	300



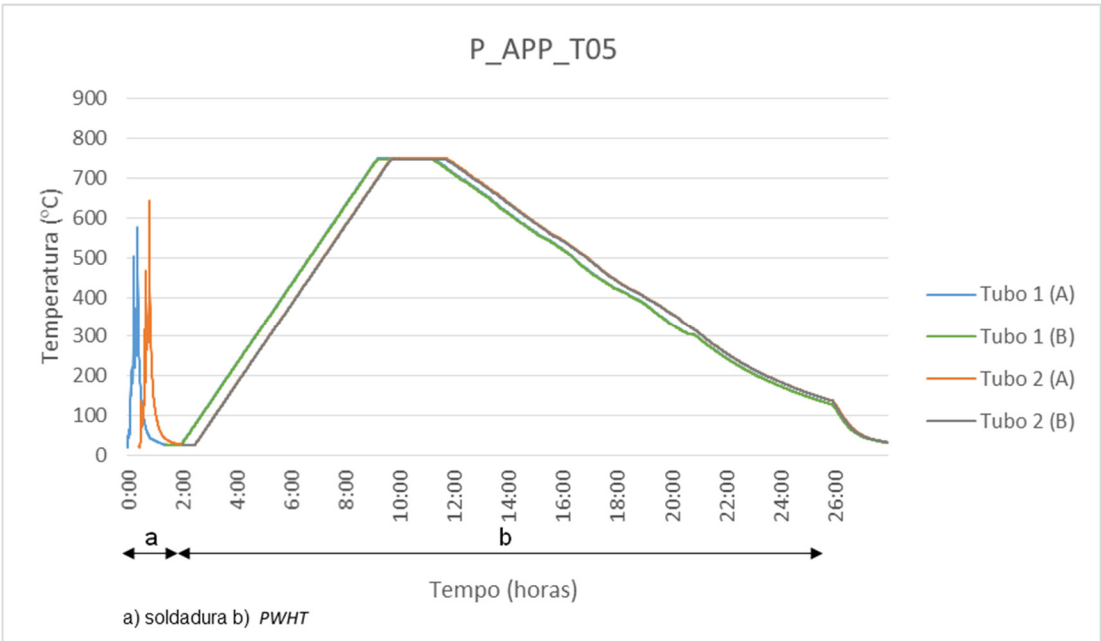
a) pré-aquecimento b) soldadura c) pós-aquecimento d) *PWHT*

P_APP_T04										
Pré aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						PWHT - (Tipo localizado - on site)				
Taxa de aquecim. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo Após soldadura (min.)	Taxa de arref. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de aquecim. (℃/h))	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de arref. (℃/h)	Temp. (℃)
----	250	30	100	60-70	30	100	750	120	50	300



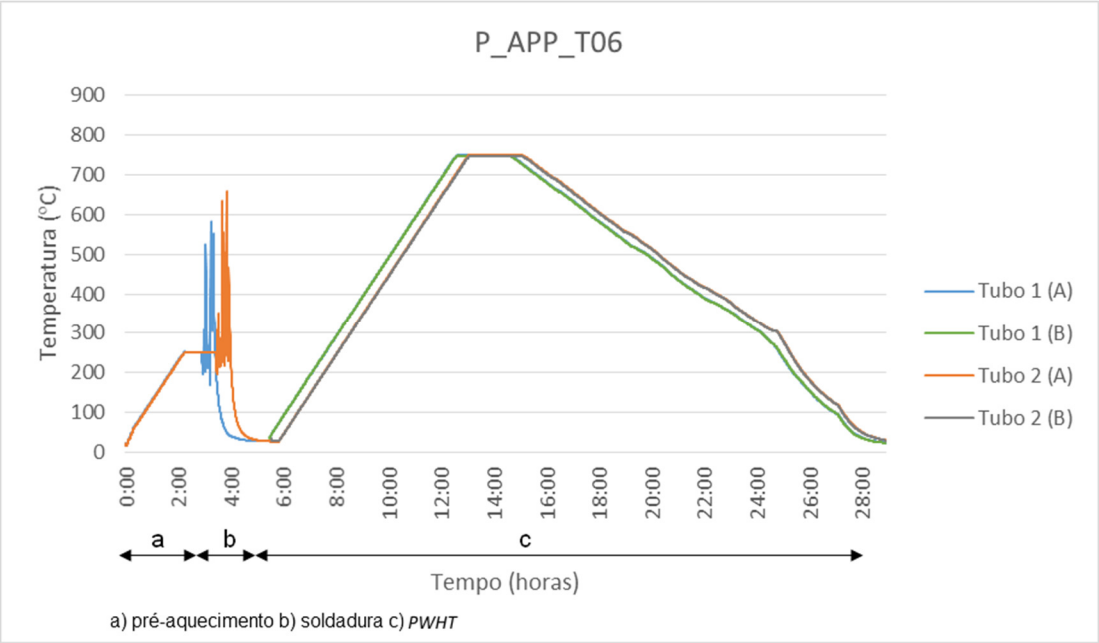
a) soldadura b) pós-aquecimento c) tempo de transformação d) *PWHT*

P_APP_T05										
Pré aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						PWHT - (Tipo localizado - on site)				
Taxa de aquecim. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo Após soldadura (min.)	Taxa de arref. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de aquecim. (℃/h))	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de arref. (℃/h)	Temp. (℃)
----------						100	750	120	50	300



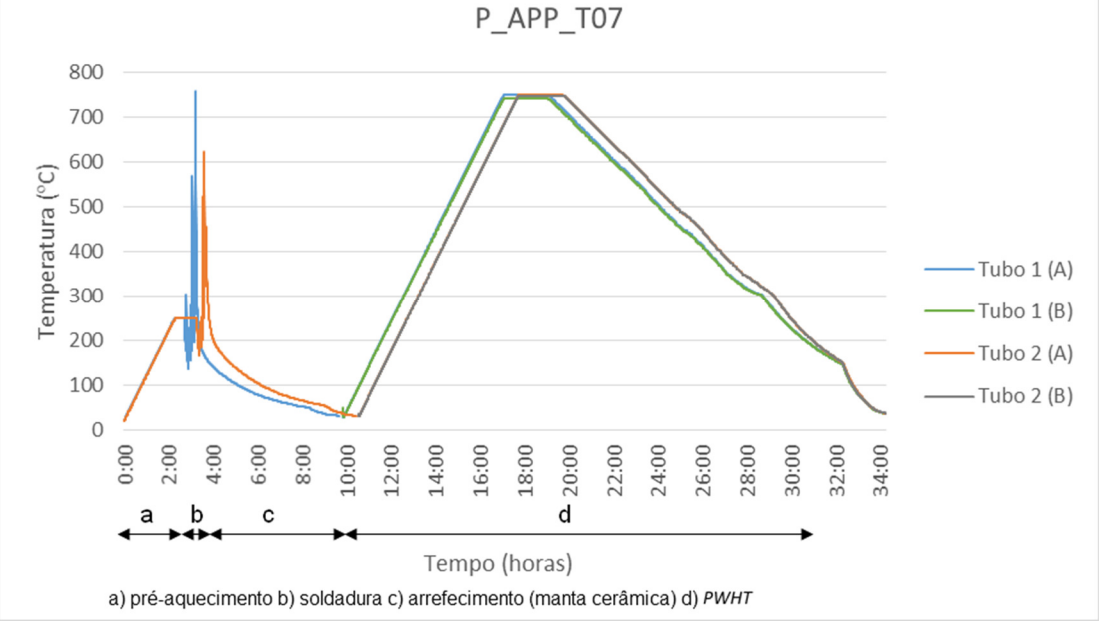
a) soldadura b) *PWHT*

P_APP_T06										
Pré aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						PWHT - (Tipo localizado - on site)				
Taxa de aquecim. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo Após soldadura (min.)	Taxa de arref. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de aquecim. (℃/h))	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de arref. (℃/h)	Temp. (℃)
100	250	------	------	------	------	100	750	120	50	300



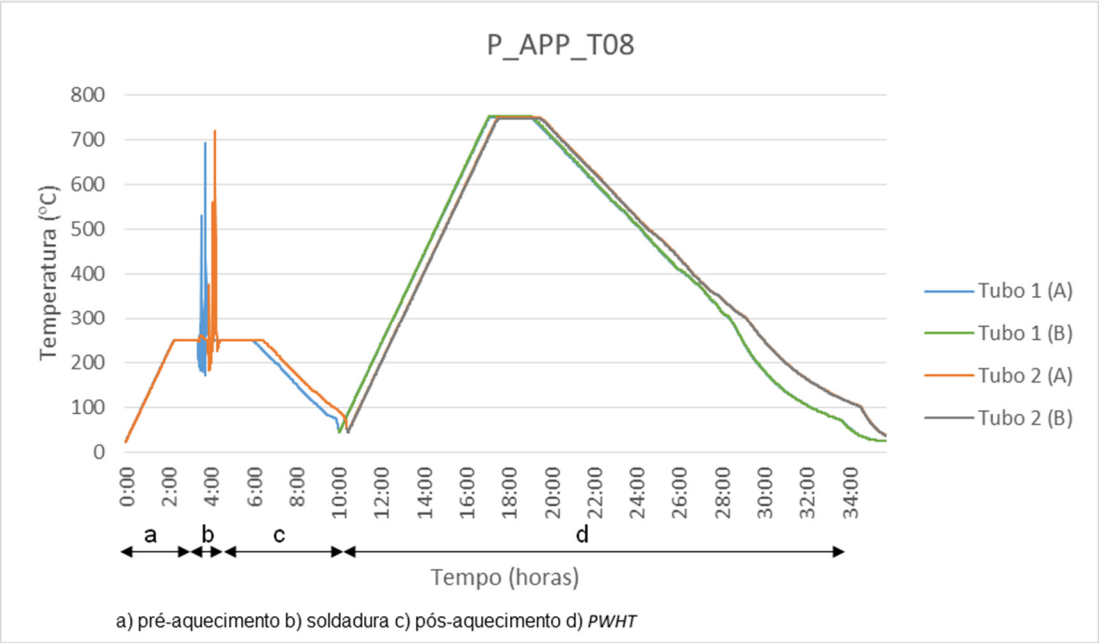
a) pré-aquecimento b) soldadura c) *PWHT*

P_APP_T07										
Pré aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						PWHT - (Tipo localizado - on site)				
Taxa de aquecim. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo Após soldadura (min.)	Taxa de arref. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de aquecim. (℃/h))	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de arref. (℃/h)	Temp. (℃)
100	250	Embrulhado em manta cerâmica				100	750	120	50	300



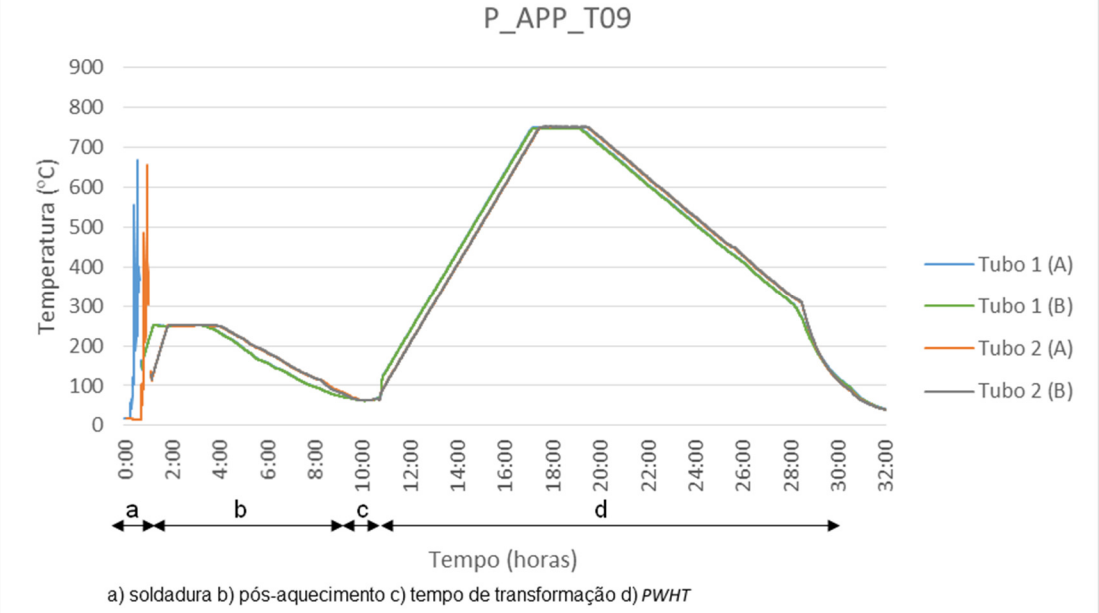
a) pré-aquecimento b) soldadura c) arrefecimento (manta cerâmica) d) *PWHT*

P_APP_T08										
Pré aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						PWHT - (Tipo localizado - on site)				
Taxa de aquecim. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo Após soldadura (min.)	Taxa de arref. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de aquecim. (℃/h))	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de arref. (℃/h)	Temp. (℃)
100	250	120	50	Tamb.	-----	100	750	120	50	300



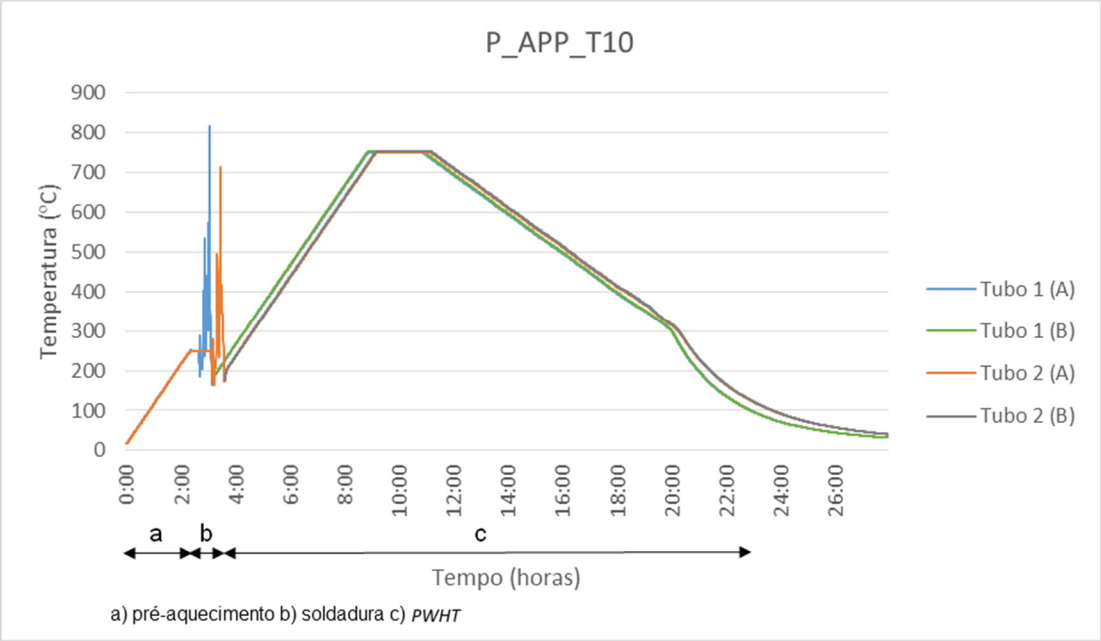
a) pré-aquecimento b) soldadura c) pós-aquecimento d) *PWHT*

P_APP_T09										
Pré aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						PWHT - (Tipo localizado - on site)				
Taxa de aquecim. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo Após soldadura (min.)	Taxa de arref. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de aquecim. (℃/h))	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de arref. (℃/h)	Temp. (℃)
-----	250	120	50	60	120	100	750	120	50	300



a) soldadura b) pós-aquecimento c) tempo de transformação d) *PWHT*

P_APP_T10										
Pré aquecimento, Soldadura e Pós-aquecimento						PWHT - (Tipo localizado - on site)				
Taxa de aquecim. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo Após soldadura (min.)	Taxa de arref. (℃/h)	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de aquecim. (℃/h))	Temp. (℃)	Tempo (min.)	Taxa de arref. (℃/h)	Temp. (℃)
100	250	Terminada a soldadura arrancar imediatamente com o revenido				100	750	120	50	300



a) pré-aquecimento b) soldadura c) *PWHT*

ANEXO XI

Certificado de tubo usado nos testes: P_APP_T00 a P_APP_T04

227050 6096A

Abnahmeprüfzeugnis
Inspection Certificate
Certificat de Réception

according to EN 10204/3.1

TPS TECHNITUBE
RÖHRENWERKE GMBH

Julius-Saxler-Str. 7 • D-54550 Daun • Germany
Tel. +49-6592/712-0 • Fax +49-6592/1305 • www.tpsd.de

Zeugnis - Nr.: N2444/02/10/12
Certificate - No.:
Dokument - No.:

Blatt 1 von 2
Page of
Page de

TPS Auftrags - Nr.: 26703494MB
TPS Order No.:
No. de Commande TPS:

Besteller: TUBE & FITTING SERVICE GMBH
Customer: LERCHENWEG 17
Client: DE-40878 RATINGEN
DEUTSCHLAND

Bestell-Nr.: B12/07/5423
Order-No.:
Commande-No.:

Produkt/Ausführung: SEAMLESS COLD FINISHED TUBES
Product/Execution: ACCORDING TO ASME SEC. II PART A, ED 2010 ADD 11A
Produit/Execution: MATERIAL: ASME SA 213 T91
IN RANDOM LENGTHS OF APPROX. 11 – 13 METERS
PLAIN ENDS, MINIMUM WALL THICKNESS

Prüfbedingungen: ASME SA 213
Requirements: ASEME SEC. II PART A
Exigences: ED 2010 ADD 11

Werkstoff: T91
Material:
Matériel:

Pos. Item Poste	Menge Quantity Poids	Abmessung Dimension Dimension	Schmelz-Nr. Heat-No. No. de Coulée	Test-Nr. Test-No. No. d'Essai
	Meters			
2,0	142,00	48,3 MM AD X 5,0 MM MIN. WS	241670	1 – 2

Ergebnis der Prüfungen: ohne Beanstandung
Result of Inspection: satisfactory
Resultat de l'inspection: satisfaisant

Ausführung: normalized
Condition: and tempered
État de livraison:

In diesem Zeugnis sind Angaben aus 3.1 Zeugnissen von zugelassenen Lieferanten enthalten.
This certificate contains information given by qualified suppliers in their 3.1 mill test certificate.
Ce certificat contient des indications données par les fournisseurs qualifiés dans leur certificat 3.1.

Wir bestätigen, daß die gelieferten Produkte den Anforderungen entsprechen.
We declare that the product is in accordance with the requirements.
Nous confirmons que les produits correspondent aux exigences.

Daun, 15.10.2012

TPS Technitube
Röhrenwerke GmbH
P. O. Box 1509
54541 Daun/Germany

Alstom Power Energy Recovery GmbH, Düsseldorf
QUALITÄTS-KONTROLLE QUALITY-CONTROL
☐ [illegible] ☒ [illegible]
☐ [illegible] ☒ [illegible]
23.10.12
DATUM / DATE

APER (Q-10)

Abnahmeprüfzeugnis
Inspection Certificate
Certificat de Réception

according to EN 10204/3.1

TPS TECHNITUBE® RÖHRENWERKE GMBH
Julius-Saxler-Str. 7 • D-54550 Daun • Germany
Tel. +49-6592/712-0 • Fax +49-6592/1305 • www.tpsd.de

Zeugnis - Nr.: N2444/02/10/12
Certificate - No.:
Dokument - No.:

Blatt 2 von 2
Page of
Page de

Schmelz-Nr. / Heat-No. / No. de Coulée	Test-Nr. / Test-No. / No. de Essai	Streckgrenze Yield Strength Limite d'élasticité Rp 0,2 N/mm²	Zugfestigkeit Tensile Strength Resistance à la traction Rm N/mm²	Bruchdehnung Elongation Allongement A° %	Korngröße Grain Size Grain defi ASTM No/ mm	Einschnürung Reduction of Area Coefficient de Striction (%)	Härte Hardness Dureté HRB
Anforderungen / Requirements / Exigences		≥ 415	≥ 585	≥ 20			90-101
241670	1	586	709	32			92
	2						93

Visuelle u. Maßkontrolle Visual & Dimensional Control Dimens'onnel & Visuel	OK
Ringfaltversuch Flattening Test Essai d'aplatissement	OK
Aufweitversuch Flaring / Drift Expanding Test Essai d'evasement	OK
Wirbelstromprüfung Eddy-Current Test Essai courant de Foucault	OK (ASTM A 1016) (100 %)
Wasserdruckprüfung Hydrostatic Test Essai hydraulique	–
Ultraschallprüfung Ultrasonic Test Essai aux ultrasons	–
Verwechslungsprüfung Spectroscopic Test Epreuve spectroscopique de contrôle	–

Chemische Analyse (Gew. %)
Chemical Analysis (Weight %)
Analyse Chimique (Poids %)

a) Produkt Analyse (Gew. %)
Product Analysis (Weight %)
Analyse sur Produit (Poids %)

Schmelz-Nr. / Heat-No. / No. de Coulée		C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ni	Mo	V	Ti	Cb/Nb
Anforderungen / Requirements / Exigences	≥	0,070	0,20	0,30				8,00		0,85	0,18		0,060
	≤	0,140	0,50	0,60	0,020	0,010	0,020	9,50	0,40	1,05	0,25	0,010	0,100
241670		0,094	0,35	0,52	0,016	0,001	0,006	8,71	0,28	0,95	0,21	0,002	0,067
a)		0,098	0,34	0,51	0,014	0,002	0,007	8,70	0,26	0,98	0,22	0,002	0,066

Schmelz-Nr. / Heat-No. / No. de Coulée		N	Zr										
Anforderungen / Requirements / Exigences	≥	0,030											
	≤	0,070	0,010										
241670		0,047	0,002										
a)		0,048	0,002										

APER Q-10

ANEXO XII

Certificado de tubo usado nos testes: P_APP_T05 a P_APP_T10

vallourec

Upstream Division
Tuberie Saint Saulve

Auteur / Author: H. Bultel
Date: 18th December, 2013
Destinataires / To : J. Christmann

Pour information / For information: S. Lecerf, P. Karrenbauer

Vallourec tubes identification – Saint-Saulve tube Mill

Tubes shall be identified with the manufacturer name and logo. Since November 4th, 2013 Vallourec adopted a new brand name. Consequently the marking had to evolve as well:

For stenciling,

- Manufacturer "logo" is vallourec .
- Manufacturer name is now VTFR26 – which means Saint-Saulve tube mill

For dye stamping,

- At the moment we are in a transition period :
  - Technical issues make manufacturer logo unavailable at the moment
  - Manufacturer logo & name are on the label and, if required, stenciled on the tube

- From tubes stamped after the 17th February 2014, new rules are :
  - Manufacturer "short logo" will be
  - Manufacturer name VTFR26 will be stamped for tubes without stenciled text

- In-between :
  - Boiler tubes with TÜV reception stamped after 23rd December 2013 will be stamped (if required) according to the new rules above ;
  - API tubes stamped after 13th January 2014 will be stamped (if required) according to the new rules above.
  - From the 23rd December 2013 to the end of the transition period, case the "short logo" is not available, it will be replaced by "VTFR".

Those transition rules permit to identify Vallourec & mill origin of each bundle.

In addition, as written in all MTR, during a transition period (Nov.13 to June 14), the marking can differ between MTR and tubes and former manufacturer logo and name may appear on tubes.
At the end of the transition period, for dye stamping, the logo will always appear completely whereas on the tubes only the short logo will be stamped.

This document is confidential. It can not be transmitted or copied without the author's agreement

vallourec

Upstream Division
Tuberie Saint Saulve

(A04, B06)

MARKING, IDENTIFICATION / MARQUAGE, IDENTIFICATION / KENNZEICHNUNG, IDENTIFIZIEREN

14	Die stamping round nose tools Marquage poinçon bords arrondis Stahlstempelung mit abgerundeten Kanten		VALLOUREC	EN10216-2 A/SA213 1 4903/T91 60 3X4 SAW HTHEAT NUMBER LAMIN HFS US (T1U) K
14	Paint stenciled on one side Marquage peinture 1 extrémité Farbmarkierung		VALLOUREC	V&M FRANCE BR1839 14

Warning Notice: The Vallourec Group is currently changing its markings on tubes/pipes and on associated documentation. For technical reasons, please be informed that the manufacturer's references marked on the products (logo, and/or company name) may temporarily diverge from the contractual documents (until June 2014).
Information importante : Le Groupe Vallourec ayant entrepris de changer le marquage de ses tubes et de la documentation associée, il est possible que les références du fabricant marquées sur les produits (logo et / ou nom de la société) diffèrent temporairement des documents contractuels pour des raisons techniques (ce jusqu'à juin 2014).
Hinweis: VALLOUREC verändert derzeit die Rohrmarkierung und Markierungsvorschriften im Bereich der Dokumentation. Aus technischen Gründen kann es vorkommen, dass sich die Markierung auf dem Rohr (Logo, Firmenname) temporär von der Markierung auf den Dokumenten unterscheidet. (bis Juni 2014).

Saint Saulve tube mill apologizes for the disturbance caused by this transition period.

TÜVRheinland Industrial Services 88104

E. KARRENBAUER
20.12.2013

This document is confidential. It can not be transmitted or copied without the author's agreement

TÜVRheinland®
Genau. Richtig.

Abnahmeprüfzeugnis

EN 10 204 – 3.2

Inspection Certificate - Certificat de Réception

Besteller: Customer / Acheteur — **BUHLMANN ROHR-FITTINGS**, Lise-Meitner-Strasse, 14, D- 40721 HILDEN

Prüf-Nr. - Inspection No - Certificat N°: 73065878
Teil - Part - Partie: 1
Blatt-Nr. - Sheet No - Page-N°: 1

Hersteller: Manufacturer / Fabricant — **VALLOUREC TUBES FRANCE**, Tuberie de St Saulve – Zone industrielle, F- 59880 SAINT SAULVE

Bestell-Nr. - Order No - N° de la commande: 13-004296/5536
vom - dated - date: 14.05.2013
Werks-Nr. - Works-No - N° usine: BR1792/02

Prüfgegenstand: Article / Produit — Nahtlose Stahlrohre / Seamless steel pipe / Tubes sans soudure

Prüfgrundlagen/Anforderungen: Technical requirements/Demand / Spécifications techniques/Exigences — PED/DGRL 97/23/EG – AD-2000-Merkblatt W 4, 05.2008 + § 7 – ASTM A 335 M – 11 / ASTM A 999 M – 11 / ASME SA 335 M (2011a) / ASME SA 999 M (2011a) / ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sect. II, Part. A (2010) Add. 2011a – Buhlmann-Spec. EK120260, Rev. A

Werkstoff: Material / Matière — X10Cr.Mo.V.Nb.9-1, Grade P91
entsprechend: according to / suivant — Vd TUEV 511/2 + 511/2 sheet 06.2009, EN 10216-2 + A2:2007 – TC2
Ausgabe: Edition — 2009 2002

Lieferzustand: State of delivery / Etat de livraison — Vergütet und angelassen / Quenched and tempered / Trempé et revenu

Erschmelzungsart: Melting process / Procédé d'élaboration — EAF (Electric)

Kennzeichnung (Werkstoff): 1.4903/P91
Marking (Material) / Marquage (Matière) — EN 10216-2 – A/SA335 – HT - Heat number / Schmelze-Nr. – LAMIN – US - K

Herstellerzeichen: Brand of the manufacturer / Marque du fabricant — Vallourec

Stempel des Sachverständigen: Inspector's stamp / Poincon de l'expert — T1U

Stencil marking at one end: V&M FRANCE –EN10216-2 – A/SA335 – 1.4903/ P91– HT-HEAT NUMBER – LAMIN – 170.0 BARS NDE – TUBE NR – 48.3x5.08 – LENGTH – K – BR1792 2

Umfang der Lieferung - Extent of material delivery - Liste descriptive

Pos. Nr. Item No Poste N°	Stückzahl Number of Nombre	Gegenstand Article Désignation du produit	Schmelze-Nr. Heat No N° Coulée	Probe-Nr. Test No N° d' éprouvette
02	184	Geteilte Rohre / Divided tubes OD 48,30 mm x WT 5,08 mm – 1.148,940 m	979241	01MA954-02MA954 03MA954-04MA954 05MA954-06MA954 07MA954

Zusätzliche Angaben: Additional remarks / Autres remarques — Für die Rohre-Nr. : siehe Zeugnis 3.2 V&M Nr. 10154Sv13 vom 09.12.2013
For the tubes No. : see certificate 3.2 V&M No. 10154Sv13 dated 09.12.2013.

Die gestellten Anforderungen sind lt. Anlage erfüllt.
The requirements are fulfilled as per annex
Les conditions imposées sont satisfaites annexes

Der Sachverständige - Inspector - L´expert

Ort, Datum: Templemars, 20.03.2014
Location, Date
Lieu, Date

TÜVRheinland® 88104 Industrial Services

Patrick Karrenbauer

Anlagen: Annexis / Annexes — 1) Ergebnis der Prüfungen, weitere Anlagen in 1)
Test results, other annexis in 1)
Resultats des essais, autres annexes au 1)

TÜV Rheinland Group Industrial Services
Am Grauen Stein, 51105 Köln
Centre d'activités de l'Epinoy – Route de Vendeville D952 – Bâtiment 3, F-59175 Templemars
E-Mail trflille@fr.tuv.com
Telefon: 03 20 20 77 10
Telefax: 03 20 20 77 15

TÜVRheinland®

Genau. Richtig.

Ergebnis der Prüfungen / Test Results / Resultats Essais — **Prüf-Nr.** / Inspection No / Certificat N° 73065878 — **Teil** / Part / Partie 1 — **Blatt-Nr.** / Sheet No / Page N° 2

Mechanische Prüfungen - Mechanical tests - Essais mecaniques

Prüfart - Test type - Type d´essai Probenart - Specimen type - Type de l' éprouvette Probenzustand - state of delivery - traitement de l' éprouvette	Zugversuch DIN EN 10002-1 Rohrstreifenprobe lösungsgeglüht	Kerbschlagbiegeversuch DIN EN 10045 Charpy – V lösungsgeglüht

Probe-Nr. / Test No / N° d' éprouv.	Probenabmessg. Dim. of specimen Dim. d' éprouvette		Probenentnahme Specimen Prelévement			Prüftemp. Test temp. Temp. d' essai	Streck-/ Dehngrenze Yield point/ proof stress	Zugfestigkeit Tensile strength Resistance à la traction	Bruchdehnung Elongation Allongement	Brucheinschnürung Red. of area Striction	1 = Schlagarbeit - Energy of impact - Energie de rupture [J] 2 = Kerbschlagzähigkeit - impact strenght - Resilience [J/cm²] 3 = Krist. Bruchanteil - Cryst. proportion - Partie cristaline [%] 4 = Breitung - Expansion - Elargissement [mm.10⁻²] 5 = Breitung - Expansion - Elargissement - [%] 6 = Härte (Einheiten) - Hardness - Dureté					
Schmelz-Nr. / Heat No. / N° Colée	Ø Breite / Width / Largeur	Breite / Width / Largeur	Ort / Location / Lieu	Richtung / Direction	Lage / Position						Werte - Values - Valeurs					Bemerkung / Remarks / Remarques
							R_{p02}	R_m	A L_o= 5	Z	1	2	3	Σ /n		
						°C	MPa	MPa	%	%						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Anforderungen Requirements Exigences						-- --	-- --	-- --	-- --	-- --	-- --	-- --	-- --	-- --	-- --	-- --
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Weitere Prüfungen:

Ergebnisse weiterer Prüfungen siehe Abnahmeprüfzeugnis 3.2 der Fa. **Vallourec & Mannesmann Tubes** Nr. **10154Sv13 vom 09.12.2013.**

Ergebnis der Prüfungen / test results

1- Masskontrolle und Besichtigung : ohne Beanstandung
Visual and dimensional check : without objection

Die nachfolgend aufgeführten mechanischen und technologischen Prüfungen, bescheinigt im Abnahmeprüfzeugnis 3.2, wurden in Anwesenheit des TUV Industrie Service durchgeführt.

The mechanical and technological tests, which are certified in the inspection certificate 3.2 were carried out in the presence of TUV industrie service.

2- Zugversuch : ohne Beanstandung
Tensile test : without objection.

3- Kerbschlagbiegeversuch : ohne Beanstandung
Impact test : without objection.

4- Technologische Prüfung:
technological test :

- Aufweitversuch nach DIN EN 10234 : 20 % an einem Ende der abgenommenen Rohre : ohne Beanstandung
- Drift expanding test acc. to DIN EN 10234 : 20 % at one end of the tested tubes : without objection.

- Ringaufdornversuch nach DIN EN 10236 : 20 % an einem Ende der abgenommenen Rohre : ohne Beanstandung
- Ring expanding test acc. to DIN EN 10236 : 20 % at one end of the tested tubes : without objection.

Prüfort, Datum: Templemars, 20.03.2014
Location, Date
Lieu, Date

TÜVRheinland® 88104 Industrial Services

TÜV Rheinland Group Industrial Services — Am Grauen Stein, 51105 Köln — Centre d'activités de l'Epinoy – Route de Vendeville D952 – Bâtiment 3, F-59175 Templemars — E-Mail trflille@fr.tuv.com, Telefon: 03 20 20 77 10, Telefax: 03 20 20 77 15

Vallourec Tubes France (A01) TUBERIE SAINT SAULVE ZONE INDUSTRIELLE 59880 SAINT SAULVE	vallourec	INSPECTION CERTIFICATE (A02) CERTIFICAT DE RECEPTION ABNAHMEPRUFZEUGNIS 3.2 EN 10204 : 2004 No. / N° / Nr. : 10154Sv13 (A03) Page/Page/Seite: 1 / 9 Date/Date/Datum: 09.12.2013

(A12)	**IBR FORM III-B (Regulation 4f)** **CERTIFICATE OF MANUFACTURE AND TEST**	
(A15)	**APPROVAL AS WELL KNOWN TUBE / AND PIPE MAKER FORM XVI -F / -G** **[Regulation 4C (2)] No. 61 and 68**	
(A01) **Vallourec Tubes France**		(A08.1) **Vallourec-Order-No.** / N° de Cde Vallourec/ BR1792 Vallourec-Auftrags-Nr. (A08.2) **Suborder / Suborder / Unterauftrag** 877/9669 8
(A06.1) Customer / Client / Kunde BUHLMANN ROHR-FITTINGS- STAHLHANDEL GMBH & CO. KG LISE-MEITNER-STR. 14 40721 HILDEN		(A07.1) Order-No. / N° de Cde / Bestell-Nr. 13-0004296/5536
(A06.2) **Orderer / Emetteur / Besteller** /		(A07.2) **Order-No. / N° de Cde / Bestell-Nr.** 13-0004296/5536 **Date / Date / Datum** 14.05.2013
(B01, B02, B04) **Description of the product** **Description du produit** **Erzeugnisbeschreibung**	Hot finished seamless steel tubes Applicable for operation acc. to EN 12952, EN 13480 and VGB R 109 (Optional tests to be ordered separately) and provided for bending Ends plain, square cut, deburred Inside and outside without rust protection Tubes sans soudure, finis à chaud Applicable for operation acc. to EN 12952, EN 13480 and VGB R 109 (Optional tests to be ordered separately) and provided for bending Extrémités lisses, coupées d'équerre, ébavurées Inter et exter sans protection Nahtlose Stahlrohre, warmgefertigt Applicable for operation acc. to EN 12952, EN 13480 and VGB R 109 (Optional tests to be ordered separately) and provided for bending Enden glatt, senkrecht zur Rohrachse abgeschnitten, gratfrei Innen und aussen ohne Rostschutz EN 10216-2:2002 + A2:2007 - Cat. 2 AD-2000-Merkblatt W 4, 05.2008, including chapter 7 ASTM A 335 M - 11 / ASTM A 999 M - 11 ASME SA 335 M, Edition 2011a / ASME SA 999 M, Edition 2011a ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sect. II, Part. A, Edition 2010, Addenda 2011a Buhlmann-Spec. EK120260, Rev. A X 10 Cr Mo V Nb 9-1 acc. to Vd TUEV 511/2-06.2009 + 511/2 sheet 06.2009 Grade P91 acc. to ASTM A 335	
(A10) Inspection by TUEV		
(A14) Approval AD 2000 W0 / TRD 100 of TUV Rheinland WE 585 J and countersign exemption 16-03-87		

Vallourec Tubes France (A01) TUBERIE SAINT SAULVE ZONE INDUSTRIELLE 59880 SAINT SAULVE	vallourec	INSPECTION CERTIFICATE (A02) CERTIFICAT DE RECEPTION ABNAHMEPRUFZEUGNIS 3.2 EN 10204 : 2004 No. / N° / Nr. : 10154Sv13 (A03) Page/Page/Seite: 2 / 9 Date/Date/Datum: 09.12.2013

Usine agrée AD 2000 W0 / TRD100 suivant accord du TÜV Rheinland WR 585 J et renoncement contresignature du 16-03-87.
Zulassung AD 2000 W0 / TRD 100 des TUV Rheinland WE 585 J unter Verzicht auf Gegenzeichnung vom 16-03-87

The tubes fullfil the impact requirements at 20°C test temperature :
min. 41 J in transverse direction , min. 68 J in longitudinal direction
Les tubes répondent aux exigences de résilience à 20°C : 41 J mini en
sens travers , 68 J mini en sens long

(B03)

THE WORKS OPERATE A QUALITY MANAGEMENT SYSTEM ACCORDING TO
ANNEX I, SECTION 4.3 OF THE PRESSURE EQUIPMENT DIRECTIVE
(PED) 97/23/EC (Rheinland Group certificate 01 202 F/Q-05 0044)
The material weldability regarding these pipes has been checked by means of gtaw tests (gas tungsten arc welding) , As to the flux welding tests, the weldability has still to be proved , Morever , for the creep properties , the values presented by Vallourec Tubes France have been accepted until the tests required by the general approval according to VDTUEV 511/2 are completely carried out
LES USINES APPLIQUENT UN SYSTEME DE MANAGEMENT DE LA QUALITE
CONFORME A L'ANNEXE I, PARAGRAPHE 4.3 DE LA DIRECTIVE
EQUIPEMENTS SOUS PRESSION (DESP) 97/23/EC (TÜV Rheinland Group certificate 01 202 F/Q-05 0044)
La soudabilité de matériau a été vérifiée pour ces tubes dans le cadre d'essais à l'arc manuel a l'électrode et en tig. Pour des soudages sous flux en poudre , la soudabilité doit encore être démontrée , Par ailleurs , en ce qui concerne la tenue au fluage , on a retenu les valeurs présentées par Vallourec Tubes France jusqu'à l'achevement complet des essais de l'homologation générale selon VDTUEV 511/2
DAS WERK WENDET EIN QUALITAETSMANAGEMENTSYSTEM NACH
DRUCKGERAETE-RICHTLINIE (DRL) 97/23/EG, ANNEX I,
ABSCHNITT 4.3 AN (TÜV Rheinland Group Zertifikat 01 202 F/Q-05 0044)

(A13) Vallourec Item **Poste** **Position**	(A09) **Cust. Item** **Poste** **Position**	(B14) **Item text** **Texte du poste** **Positionstext**	(B09) **Dimensions** **Dimensions** **Abmessung**	(B10) **Single length** **Long. indiv.** **Einzellänge**
2			OD 48.3 mm x WT 5.08 mm OD-Tolerance + 0.5 mm - 0.5 mm WT-Tolerance + 12.5 % - 12.5 % DE 48.3 mm x EP 5.08 mm Tol. sur DE + 0.5 mm - 0.5 mm Tol. sur EP + 12.5 % - 12.5 % A.Durchm. 48.3 mm x Wanddicke 5.08 mm A.Durchm. Toleranz + 0.5 mm - 0.5 mm Wanddickentoleranz + 12.5 % - 12.5 %	Random length from 5000 to 7000 mm Longueur courante de 5000 à 7000 mm Länge von 5000 bis 7000 mm

Vallourec Tubes France (A01) TUBERIE SAINT SAULVE ZONE INDUSTRIELLE 59880 SAINT SAULVE	vallourec	INSPECTION CERTIFICATE (A02) CERTIFICAT DE RECEPTION ABNAHMEPRUFZEUGNIS 3.2 EN 10204 : 2004 No. / N° / Nr. : 10154Sv13 (A03) Page/Page/Seite: 3 / 9 Date/Date/Datum: 09.12.2013

(A13) Vallourec Item **Poste Position**	(A09) **Cust. Item Poste Position**	(B07.1) Heat Coulée Schmelze	(B08) Quantity Nombre Stück	(B11) Total length Long. totale Gesamtlänge m	(B13) Weight Poids Gewicht kg
2		979241	184	1.148,940	6.317

(C71)

HEAT CHEMICAL ANALYSIS / ANALYSE CHIMIQUE COULEE / CHEMISCHE ANALYSE

(B07.1) Heat Coulée Schmelze	(B15) Process Procédé Erschmelz.	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Mo %	Ni %	Sn %	Cu %
min	-	0,08	0,20	0,30	-	-	8,00	0,85	-	-	-
max	-	0,12	0,50	0,60	0,020	0,010	9,50	1,05	0,40	-	0,30
979241	Electric (EAF)	0,11	0,29	0,50	0,017	0,002	8,57	0,97	0,17	0,005	0,12

(B07.1) Heat Coulée Schmelze	Al %	Ti %	Nb/Cb %	V %	N %	B ppm	W %	Zr %				
min	-	-	0,06	0,18	0,040	-	-	-				
max	0,030	0,01	0,10	0,25	0,060	-	-	0,01				
979241	0,009	0,00	0,08	0,23	0,049	0	0,032	0,00				

Heats fully killed
Acier Calmé
Beruhigter Stahl

(C72)

PRODUCT CHEMICAL ANALYSIS / ANALYSE CHIMIQUE PRODUIT / PRODUKT CHEMISCHE ANALYSE

(B07.1) Heat Coulée Schmelze	(C00.1) Test Piece Eprouvette Prüfstück	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Mo %	Ni %	Sn %	Cu %
min		0,07	0,17	0,27	-	-	7,9	0,81	-	-	-
max		0,14	0,54	0,64	0,025	0,015	9,6	1,09	0,45	-	0,35
979241	01MA954	0,10	0,29	0,50	0,017	0,001	8,6	0,98	0,17	0,005	0,12

Vallourec Tubes France (A01) TUBERIE SAINT SAULVE ZONE INDUSTRIELLE 59880 SAINT SAULVE	vallourec	INSPECTION CERTIFICATE (A02) CERTIFICAT DE RECEPTION ABNAHMEPRUFZEUGNIS 3.2 EN 10204 : 2004 No. / N° / Nr. : 10154Sv13 (A03) Page/Page/Seite: 4 / 9 Date/Date/Datum: 09.12.2013

(C72)

PRODUCT CHEMICAL ANALYSIS / ANALYSE CHIMIQUE PRODUIT / PRODUKT CHEMISCHE ANALYSE

(B07.1) Heat / Coulée / Schmelze	(C00.1) Test Piece / Eprouvette / Prüfstück	Al %	Ti %	Nb/Cb %	V %	N %	B ppm	W %	Zr %		
min		-	-	0,05	0,15	0,040	-	-	-		
max		0,030	0,01	0,12	0,28	0,060	-	-	0,01		
979241	01MA954	0,009	0,00	0,08	0,23	0,052	0	0,030	0,00		

Pierce and draw process

(B04)

HEAT TREATMENT / TRAITEMENT THERMIQUE / WAERMEBEHANDLUNG

Heat treatment type Nature du Traitement Art der Wärmebehandlung	Temperature Température Temperatur	Soaking time Temps maintien Haltezeit	Cooling Refroidissement Abkühlung
Quenching Trempe Trempe	1060 °C	20 min	Air
Tempering Revenu Anlassen	770 °C	60 min	Air

TENSILE TEST RESULTS / RESULTATS D'ESSAI DE TRACTION / ERGEBNISSE DES ZUGVERSUCHS

Type / Type / Form (C10.1)	Tube strip specimen / Eprouvette prismatique / Rohrstreinfenprobe
Test temperature / Température d'essai / Prüftemperatur (C03)	Room temperature / Température ambiante / Raumtemperatur
Direction / Orientation / Richtung (C02)	longitudinal / longitudinal / längs

DOUBLE LENGTH

Vallourec Tubes France (A01) TUBERIE SAINT SAULVE ZONE INDUSTRIELLE 59880 SAINT SAULVE	vallourec	INSPECTION CERTIFICATE (A02) CERTIFICAT DE RECEPTION ABNAHMEPRUFZEUGNIS 3.2 EN 10204 : 2004 No. / N° / Nr. : 10154Sv13 (A03) Page/Page/Seite: 5 / 9 Date/Date/Datum: 09.12.2013

TENSILE TEST RESULTS / RESULTATS D'ESSAI DE TRACTION / ERGEBNISSE DES ZUGVERSUCHS

(B07.1) Heat Coulée Schmelze	(C00.1) Test Piece Eprouvette Prüfstück	(C10.2) Dimension Dimension Abmessung	(C11) YS LimElast Streckgr.	(C12) TS Résist. Zugfest.	(C13.2) Elong. Allong. Dehnung	(C13.1) Elong. Allong. Dehnung					
		mm / mm2	$R_{p0.2}$ MPa	R_m MPa	2" %	$5{,}65\sqrt{S_o}$ %					
min		-	450	630	20,0	19,0					
max		-	-	830	-	-					
979241	01MA954	18,90x5,30 103,44	511	687	23,2	20,0					
979241	03MA954	18,90x5,30 103,78	513	681	27,0	23,7					
979241	04MA954	18,90x5,50 107,38	527	703	24,2	19,3					
979241	05MA954	19,00x5,80 114,34	512	678	25,6	21,4					
979241	06MA954	18,80x5,30 103,19	535	706	25,4	23,3					
979241	07MA954	18,90x5,20 101,80	527	705	25,5	22,2					

(C10.2)	
Dimension / Dimension / Abmessung	Test piece dimensions / Dimension de l'éprouvette / Prüfstückabmessung Test piece area / Section de l'éprouvette / Prüfstückquerschnitt

TENSILE TEST RESULTS / RESULTATS D'ESSAI DE TRACTION / ERGEBNISSE DES ZUGVERSUCHS

Type / Type / Form (C10.1)	Tube strip specimen / Eprouvette prismatique / Rohrstreinfenprobe
Test temperature / Température d'essai / Prüftemperatur (C03)	600 °C
Direction / Orientation / Richtung (C02)	longitudinal / longitudinal / längs

Vallourec Tubes France (A01) TUBERIE SAINT SAULVE ZONE INDUSTRIELLE 59880 SAINT SAULVE	vallourec	INSPECTION CERTIFICATE (A02) CERTIFICAT DE RECEPTION ABNAHMEPRUFZEUGNIS 3.2 EN 10204 : 2004 No. / N° / Nr. : 10154Sv13 (A03) Page/Page/Seite: 6 / 9 Date/Date/Datum: 09.12.2013

TENSILE TEST RESULTS / RESULTATS D'ESSAI DE TRACTION / ERGEBNISSE DES ZUGVERSUCHS

(B07.1) Heat / Coulée / Schmelze	(C00.1) Test Piece / Eprouvette / Prüfstück	(C10.2) Dimension / Dimension / Abmessung	(C11) YS / LimElast / Streckgr.	(C12) TS / Résist. / Zugfest.							
		mm / mm2	$R_{p0.2}$ MPa	R_m MPa							
min		-	215	255							
max		-	-	-							
979241	02MA954	8,75x5,27 46,44	320	365							

(C10.2)	
Dimension / Dimension / Abmessung	Test piece dimensions / Dimension de l'éprouvette / Prüfstückabmessung Test piece area / Section de l'éprouvette / Prüfstückquerschnitt

HARDNESS TEST RESULTS / RESULTATS DE DURETE / ERGEBNISSE DER HAERTEPRUEFUNG

Method of test / Méthode d'essai / Prüfverfahren (C30)	Vickers

(B07.1) Heat / Coulée / Schmelze	(C00.1) Test Piece / Eprouvette / Prüfstück	(C31.1) HV	(C31.1) HV	(C31.1) HV	(C32.1) Mean / Moyenne / Mittelw.						
min		196,0	196,0	196,0	-						
max		260,0	260,0	260,0	-						
979241	01MA954	222,0	221,0	221,0	221,3						
979241	03MA954	220,0	221,0	221,0	220,7						
979241	04MA954	222,0	220,0	221,0	221,0						
979241	05MA954	221,0	220,0	222,0	221,0						
979241	06MA954	220,0	220,0	220,0	220,0						
979241	07MA954	219,0	221,0	220,0	220,0						

(D51)

MICROGRAPHY / MICROGRAPHIE / MIKROGRAFIE

Test Nature d'essai Prüfung	Conditions Conditions Prüfbedingungen	Test rate Ampleur du contrôle Prüfumfang	Result Résultat Ergebnis
Structure Structure Struktur	TRANSVERSE (PHOTO 200 : 1 ET 500 : 1) 100 % MARTENSITE		Satisfactory Satisfaisant Bestanden

Vallourec Tubes France (A01) TUBERIE SAINT SAULVE ZONE INDUSTRIELLE 59880 SAINT SAULVE	vallourec	INSPECTION CERTIFICATE (A02) CERTIFICAT DE RECEPTION ABNAHMEPRUFZEUGNIS 3.2 EN 10204 : 2004 No. / N° / Nr. : 10154Sv13 (A03) Page/Page/Seite: 7 / 9 Date/Date/Datum: 09.12.2013

(C50)

TECHNOLOGICAL AND OTHER TESTS ON SPECIMENS / ESSAIS TECHNOLOGIQUES ET AUTRES ESSAIS SUR ECHANTILLON / TECHNOLOGISCHE PRUEFUNGEN

Test Nature d'essai Prüfung	Conditions Conditions Prüfbedingungen	Test rate Ampleur du contrôle Prüfumfang	Result Résultat Ergebnis
Drift expanding test / Flaring test Essai d'évasement Aufweitversuch	Drift expanding test (specific)	20% each lot 20% Lot 20% je Los	Satisfactory Satisfaisant Bestanden
Flattening test Essai d'aplatissement Ringfaltversuch	Flattening test (specific)		Satisfactory Satisfaisant Bestanden
Ring expanding test Expansion sur bague Ringaufdornversuch	Ring expanding test (specific)	20% each lot 20% Lot 20% je Los	Satisfactory Satisfaisant Bestanden

(D55)

OTHER TESTS ON PIPE / AUTRES ESSAIS SUR TUBE / SONSTIGE PRUEFUNGEN

Test Nature d'essai Prüfung	Conditions Conditions Prüfbedingungen	Test rate Ampleur du contrôle Prüfumfang	Result Résultat Ergebnis
UT longitudinal US longitudinal US längs	ENISO10893-10+EN10246-7 (U2/C) / ASTM E213 LONG NOTCH INTERNAL 5 % MINI 0.3 MM EXTERNAL 5 % MINI 0.3 MM LENGTH 25 MM	100% each lot 100% Lot 100% je Los	Satisfactory Satisfaisant Bestanden
Hydrostatic test Epreuve hydrostatique Wasserdruckprüfung	17.0 MPA (170 BARS) 5 SEC	100% each lot 100% Lot 100% je Los	Satisfactory Satisfaisant Bestanden
Appearance & Dimensions Aspect & Dimensions Aussehen-Abmessung	Aspect & Dimensions (specification)	100% each lot 100% Lot 100% je Los	Satisfactory Satisfaisant Bestanden
Eddy Current test Courants de Foucault Wirbelstromprüfung	EN 10246-1	100% each lot 100% Lot 100% je Los	Satisfactory Satisfaisant Bestanden
Positive Material Identification Identification nuance Werkstoffverwechslung	Positive Material identification (spec	100% each lot 100% Lot 100% je Los	Satisfactory Satisfaisant Bestanden

(A04, B06)

MARKING, IDENTIFICATION / MARQUAGE, IDENTIFICATION / KENNZEICHNUNG, IDENTIFIZIEREN

2	Die stamping round nose tools Marquage poinçon bords arrondis Stahlstempelung mit abgerundeten Kanten	VALLOUREC	EN10216-2 A/SA335 1.4903/P91 HTHEAT NUMBER LAMIN US KINSPECTOR STAMP T1U

Vallourec Tubes France (A01) TUBERIE SAINT SAULVE ZONE INDUSTRIELLE 59880 SAINT SAULVE	vallourec	INSPECTION CERTIFICATE (A02) CERTIFICAT DE RECEPTION ABNAHMEPRUFZEUGNIS 3.2 EN 10204 : 2004 No. / N° / Nr. : 10154Sv13 (A03) Page/Page/Seite: 8 / 9 Date/Date/Datum: 09.12.2013

(A04, B06)

MARKING, IDENTIFICATION / MARQUAGE, IDENTIFICATION / KENNZEICHNUNG, IDENTIFIZIEREN

2	Paint stenciled on one side Marquage peinture 1 extrémité Farbmarkierung	VALLOUREC	V&M FRANCE EN10216-2 A/SA335 1.4903/P91 HTHEAT NUMBER LAMIN 170.0BARS NDE TUBE NR 48.3X5.08 LENGTH K BR1792 2

Warning Notice: The Vallourec Group is currently changing its markings on tubes/pipes and on associated documentation.
For technical reasons, please be informed that the manufacturer's references marked on the products (logo and/or company name) may temporarily diverge from the contractual documents (until June 2014).
Information importante : Le Groupe Vallourec ayant entrepris de changer le marquage de ses tubes et de la documentation associée, il est possible que les références du fabricant marquées sur les produits (logo et / ou nom de la société) diffèrent temporairement des documents contractuels pour des raisons techniques (ce jusqu'à juin 2014).
Hinweis: VALLOUREC verändert derzeit die Rohrmarkierung und Markierungsvorschriften im Bereich der Dokumentation. Aus technischen Gründen kann es vorkommen, dass sich die Markierung auf dem Rohr (Logo, Firmenname) temporär von der Markierung auf den Dokumenten unterscheidet (bis Juni 2014).

CERTIFIED THAT THE PARTICULARS ENTERED HEREIN ARE CORRECT. THE PART HAS BEEN MANUFACTURED AT OUR WORKS ABOVE NAMED AND COMPLIES WITH THE INDIAN BOILER REGULATIONS AND SATISFACTORILY WITHSTOOD A WATER TEST OR/AND NDE IN THE PRESENCE OF OUR RESPONSIBLE REPRESENTATIVE WHOSE SIGNATURE IS APPENDED HEREUNDER.

(Z01)
The supplied products are in compliance with the requirements of the order
Les produits livrés sont conformes aux stipulations de la commande
Die gelieferten Erzeugnisse stimmen mit den Anforderungen des Auftrages überein

(A05, Z02, Z03, Z04, Z05)

Date / Date / Datum	09.12.2013		
Validated by Validé par Bestätigt durch	Maker's Representative	Inspecting Authority	Maker
	Valérie DELACROIX	TÜVRheinland 88104 Industrial Services 7306 5878/ 10154SV13 KARRENBAUER	Sylvie NORTIER
☎	+ (33) 3 27 23 14 56		27 23 15 55
🖷	+ (33) 3 27 23 15 25		vallourec
@	valerie.delacroix@vallourec.com		sylvie.nortier@vallourec.com
Stamp / Cachet / Stempel	VALLOUREC Tuberie de St-Saulve SERVICE QUALITE		Vallourec Tubes France Tuberie de Saint-Saulve Z.I. 4 - BP 2 Rue du Galibot 59880 Saint-Saulve

Indication in parentheses correspond to attributes according to EN 10168
Les indications entre parenthèses correspondent aux repères selon EN 10168
Die Bezeichnungen in Klammern entsprechen den Kennnummern gemäss EN 10168

Vallourec Tubes France (A01) TUBERIE SAINT SAULVE ZONE INDUSTRIELLE 59880 SAINT SAULVE	vallourec	INSPECTION CERTIFICATE (A02) CERTIFICAT DE RECEPTION ABNAHMEPRUFZEUGNIS 3.2 EN 10204 : 2004
		No. / N° / Nr. : 10154Sv13 (A03) Page/Page/Seite: 9 / 9 Date/Date/Datum: 09.12.2013

This testimonial and certification respectively may neither be modified nor used for other products. Offences are regarded as falsification of documents and will be subject to criminal prosecution.

Ce certificat, ou cette attestation ne doit être ni modifié ni appliqué pour d'autres produits. Tous changements ou application pour d'autres produits seront considérés comme falsification de documents et fraude et seront sujet à la juridiction pénale.

Dieses Zeugnis bzw. diese Bescheinigung darf weder verändert noch für andere Erzeugnisse verwendet werden. Zuwiderhandlungen werden als Urkundenfälschung und Betrug strafrechtlich verfolgt.

.V&M FRANCE TUBERIE DE SAINT-SAULVE SAINT-SAULVE ZONE INDUSTRIELLE F- 59880 SAINT-SAULVE	V&M VALLOUREC & MANNESMANN TUBES	INSPECTION CERTIFICATE (A02) CERTIFICAT DE RECEPTION ABNAHMEPRUFZEUGNIS 3.2 EN 10204 : 2004 **N° /N° / NR : 10154Sv13 (A03)** **Page/Page/Page Seite :** **Date/Date/Datum : 09.12.2013** **Annexe N°/Annexe N°/Bellage N° :**

Produit/Material/Werkstoff : X10CrMoVNb9-1	(A08,1) **V&M – Order-No./N° de Cde V&M** **V&M – Auftrags-Nr : BR1792**
N° poste/Item/Position : 02	(A08,2) **Suborder/suborder/Unterauftrag : 877/9669 8**

MICROGRAPHIE / MICROGRAPHY / GEFÜGEBILD

Coulée/Heat/Schmelze : 979241 **Repère/Code:Kode :** 01MA954

Résultat/Result/Ergebnis : BON/OK/OB **Attaque utilisée/Used etching medium/ Gebrauchener Ätzen : VILLELA**

GROSSISSEMENT
MAGIFICATION X 200
VERGRÖSSERUNG



GROSSISSEMENT
MAGIFICATION X 500
VERGRÖSSERUNG



ANEXO XIII

Certificado do material de adição utilizado nas soldaduras: P_APP_T00 a P_APP_T08

63457

Electro Portugal, Lda.

Departamento da Qualidade
Quality Department / Département de Qualité

CERTIFICADO/ *CERTIFICATE/ CERTIFICAT*

CERTIFICADO/ *CERTIFICATE/ CERTIFICAT* N° : **1194/10**

CARACTERIZAÇÃO/ DESCRIPTION/ DESCRIPTION:

VARETA ER 90S B9	Lote/ Batch/ Lot : **263**	**2,0 mm**

NORMAS / SPECIFICATIONS/ CLASSIFICATION:

EN ISO 21952-A: CrMo 9 1	
AWS A5.28: ER 90S-B9	

ANÁLISE QUÍMICA / CHEMICAL COMPOSITION / ANALYSE CHIMIQUE (%):

EN 10 204-3.1

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	V
0,09	0,22	0,54	0,008	0,002	8,90	0,46	0,90	0,14	0,22

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS / MECHANICAL PROPERTIES / CARACTERISTIQUES MECANIQUES :

EN 10 204-2.2

T.CEDÊNCIA YIELD STRENGTH L. D'ÉLASTICITÉ ($N.mm^{-2}$)	T.ROTURA TENSILE STRENGTH R. A LA TRACTION ($N.mm^{-2}$)	ALONGAMENTO ELONGATION ALLONGEMENT (%)	RESILIÊNCIA (ISO V) CHARPY Temp. (°C)	(J)
>410	>620	>16	----	----

OBSERVAÇÕES E ENSAIOS ADICIONAIS/ OBSERVATIONS AND OTHER TESTS/ OBSERVATIONS ET D'AUTRES ESSAIS:

TERMO DE RESPONSABILIDADE/RESPONSIBILITY TERM/ LIMITE DE RESPONSABILITÉ:

Ensaios efectuados nos laboratórios de apoio à Garantia de Qualidade, independentes da produção, ou em laboratórios exteriores acreditados.

Tests made in the laboratories of Quality Assurance, independents of the Production or in external accredited laboratories.

Essais faits dans les laboratoires de la Garantie de la Qualité, indépendants de la production ou dans les laboratoires accrédités externes.

CERTIFICAMOS que o produto acima mencionado cumpre as normas requeridas.

We certify that the above product is under the required rules.

Nous certifions que le produit ci-dessus est selon les règles exigées

ELECTRO-PORTUGAL, LDA.
O DIRECTOR DA QUALIDADE

19 / 11 / 10

ANEXO XIV

Certificado do material de adição utilizado nas soldaduras: P_APP_T09 e P_APP_T10

65840

Electro Portugal, Lda.
Departamento da Qualidade
Quality Department / Département de Qualité

CERTIFICADO/ *CERTIFICATE/ CERTIFICAT*

CERTIFICADO/ *CERTIFICATE/ CERTIFICAT* Nº : **656/10**

CARACTERIZAÇÃO/ DESCRIPTION/ DESCRIPTION:

EUROTROD TD B9	Lote/ Batch/ Lot : **46 097277**	**2,00 mm**

NORMAS / SPECIFICATIONS/ CLASSIFICATION:

AWS A5.28: ER 90S-B9	

ANÁLISE QUÍMICA / CHEMICAL COMPOSITION / ANALYSE CHIMIQUE (%):

EN 10 204-3.1

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	V
0,10	0,25	0,55	0,006	0,004	9,06	0,65	0,92	0,11	0,20

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS / MECHANICAL PROPERTIES / CARACTERISTIQUES MECANIQUES :

EN 10 204-2.2

T.CEDÊNCIA YIELD STRENGTH L. D'ÉLASTICITÉ ($N.mm^{-2}$)	T.ROTURA TENSILE STRENGTH R. A LA TRACTION ($N.mm^{-2}$)	ALONGAMENTO ELONGATION ALLONGEMENT (%)	RESILIÊNCIA (ISO V) CHARPY Temp. (°C)	(J)
470	650	17	----	----

OBSERVAÇÕES E ENSAIOS ADICIONAIS/ OBSERVATIONS AND OTHER TESTS/ OBSERVATIONS ET D'AUTRES ESSAIS:

TERMO DE RESPONSABILIDADE/RESPONSIBILITY TERM/ LIMITE DE RESPONSABILITÉ:

Ensaios efectuados nos laboratórios de apoio à Garantia de Qualidade, independentes da produção, ou em laboratórios exteriores acreditados.

Tests made in the laboratories of Quality Assurance, independents of the Production or in external accredited laboratories.

Essais faits dans les laboratoires de la Garantie de la Qualité, indépendants de la production ou dans les laboratoires accrédités externes.

CERTIFICAMOS que o produto acima mencionado cumpre as normas requeridas.

We certify that the above product is under the required rules.

Nous certifions que le produit ci-dessus est selon les règles exigées

ELECTRO-PORTUGAL, LDA.
O DIRECTOR DA QUALIDADE

18 / 06 / 10

20140521

Documento: IP- DQ.26.04.doc

ANEXO XV

Materiais e Parâmetros de soldadura utilizados

	Material Base					
Teste	**Material**	**Lote / Carga**	**Tipo ou Grau**	**P Number**	**Espessura do provete (mm)**	**Diâmetro do provete (mm)**
P_APP_T00	SA 213	211670	T 91	15 E	5	48,3
P_APP_T01	SA 213	211670	T 91	15 E	5	48,3
P_APP_T02	SA 213	211670	T 91	15 E	5	48,3
P_APP_T03	SA 213	211670	T 91	15 E	5	48,3
P_APP_T04	SA 213	211670	T 91	15 E	5	48,3
P_APP_T05	SA 335	979241	P 91	15 E	5	48,3
P_APP_T06	SA 335	979241	P91	15 E	5	48,3
P_APP_T07	SA 335	979241	P91	15 E	5	48,3
P_APP_T08	SA 335	979241	P91	15E	5	48,3
P_APP_T09	SA 335	979241	P91	15E	5	48,3
P_APP_T10	SA 335	979241	P91	15E	5	48,3

	Material de Adição			
Teste	**SFA Especificação**	**AWS Especificação**	**Diâmetro do material (mm)**	**Lote / Carga**
P_APP_T00	5.28	ER 90S B9	2,00	263
P_APP_T01	5.28	ER 90S B9	2,00	263
P_APP_T02	5.28	ER 90S B9	2,00	263
P_APP_T03	5.28	ER 90S B9	2,00	263
P_APP_T04	5.28	ER 90S B9	2,00	263
P_APP_T05	5.28	ER 90S B9	2,00	263
P_APP_T06	5.28	ER 90S B9	2,00	263
P_APP_T07	5.28	ER 90S B9	2,00	263
P_APP_T08	5.28	ER 90S B9	2,00	263
P_APP_T09	5.28	ER 90S B9	2,00	46097277
P_APP_T10	5.28	ER 90S B9	2,00	46097277

	Posição	Gás			
Teste	**Posição da Junta (QW-405)**	**Gás de Proteção**	**Caudal de gás proteção (l/min)**	**Gás de purga**	**Caudal de purga (l/mim)**
P_APP_T00	2 G	Ar 100%	18	Ar 100%	13
P_APP_T01	2 G	Ar 100%	18	Ar 100%	15
P_APP_T02	2 G	Ar 100%	18	Ar 100%	15
P_APP_T03	2 G	Ar 100%	18	Ar 100%	15
P_APP_T04	2 G	Ar 100%	18	Ar 100%	15
P_APP_T05	2 G	Ar 100%	18	Ar 100%	15
P_APP_T06	2 G	Ar 100%	18	Ar 100%	15
P_APP_T07	2 G	Ar 100%	18	Ar 100%	17
P_APP_T08	2 G	Ar 100%	18	Ar 100%	16
P_APP_T09	2 G	Ar 100%	19	Ar 100%	17
P_APP_T10	2 G	Ar 100%	19	Ar 100%	17

		Características Elétricas					
Teste	**Nº Passe**	**Corrente**	**Polaridade**	**Intensidade (A)**	**Tensão (V)**	**Entrega Térmica (kJ/mm)**	**Elétrodo Tungsténio**
P_APP_T00	1	DC (continua)	Direta (DC-)	93	12,5	0,75	∅2,4mm EWCE-2
	2			104	13	1,32	
P_APP_T01	1	DC (continua)	Direta (DC-)	94	14,5	0,83	∅2,4mm EWCE-2
	2			100	14,6	1,36	
P_APP_T02	1	DC (continua)	Direta (DC-)	94	12	1,13	∅2,4mm EWCE-2
	2			98	14	1,52	
P_APP_T03	1	DC (continua)	Direta (DC-)	93	12	1,07	∅2,4mm EWCE-2
	2			97	14	1,46	
P_APP_T04	1	DC (continua)	Direta (DC-)	88	11	0,90	∅2,4mm EWCE-2
	2			97	14	1,58	
P_APP_T05	1	DC (continua)	Direta (DC-)	97	10	0,93	∅2,4mm EWCE-2
	2			106	12	1,48	
P_APP_T06	1	DC (continua)	Direta (DC-)	87	11	0,96	∅2,4mm EWCE-2
	2			93	13	1,45	
P_APP_T07	1	DC (continua)	Direta (DC-)	90	12	0,95	∅2,4mm EWCE-2
	2			110	14	1,62	
P_APP_T08	1	DC (continua)	Direta (DC-)	88	10,6	0,84	∅2,4mm EWCE-2
	2			108	12,6	1,43	
P_APP_T09	1	DC (continua)	Direta (DC-)	95	12,4	1,10	∅2,4mm EWCE-2
	2			105	11,9	1,30	
P_APP_T10	1	DC (continua)	Direta (DC-)	90	10,6	0,91	∅2,4mm EWCE-2
	2			110	12	1,39	

		Técnica					
Teste	**Nº Passe**	**Velocidade de Trabalho (mm/min)**	**Cordão**	**ø Bocal (mm)**	**Limpeza Inicial**	**Abertura do chanfro**	**Passe**
P_APP_T00	1	65	Retilíneo	20	Esmerilamento	Torno mecânico	Múltiplo
	2	43					
P_APP_T01	1	69	Retilíneo	20	Esmerilamento	Torno mecânico	Múltiplo
	2	45					
P_APP_T02	1	42	Retilíneo	20	Esmerilamento	Torno mecânico	Múltiplo
	2	38					
P_APP_T03	1	44	Retilíneo	20	Esmerilamento	Torno mecânico	Múltiplo
	2	39					
P_APP_T04	1	45	Retilíneo	20	Esmerilamento	Torno mecânico	Múltiplo
	2	36					
P_APP_T05	1	44	Retilíneo	20	Esmerilamento	Torno mecânico	Múltiplo
	2	36					
P_APP_T06	1	42	Retilíneo	20	Esmerilamento	Torno mecânico	Múltiplo
	2	35					
P_APP_T07	1	48	Retilíneo	20	Esmerilamento	Torno mecânico	Múltiplo
	2	40					
P_APP_T08	1	46,5	Retilíneo	20	Esmerilamento	Torno mecânico	Múltiplo
	2	40					
P_APP_T09	1	45	Retilíneo	20	Esmerilamento	Torno mecânico	Múltiplo
	2	40,5					
P_APP_T10	1	44	Retilíneo	20	Esmerilamento	Torno mecânico	Múltiplo
	2	40					

ANEXO XVI

Registo dos equipamentos utilizados no trabalho prático

Equipamento	Função	Marca	Modelo
Serrote mecânico	Corte dos Provetes	FAT	Mod. 370
Torno mecânico	Abertura do chanfro	GRAZIANO TORTONA	----------
Esmerilador	Remoção de óxidos e contaminantes; excesso de metal de soldadura	Bosch	GGS 27 LC
Unidade de Tratamentos Térmicos	Pré-aquecimento, pós-aquecimento e PWHT	Weldotherm	VAS 82-12 Digit 1000
Aparelho de soldar	Soldadura	Kemppi	Master TIG 2800
			Master TIG MLS 3000
			Master TIG MLS 4000
Escantilhão	Inspeção Visual	----------	Three-scale weld gauge
		----------	Digital Weld gauge WG-100
		----------	V-WAC Gauge
Lanterna		KS Tools	KS Tools – Cree Power
Equipamento de Raio - X	Radiografar	ICM (Fonte 2.5x2.5mm)	(convencionaL) 300 kVa
		RAYZORXPRO – XR3	(digital) 270 kVa
Videoescopio	Análise da soldadura pelo interior	KS Tools	Ultimate Vision Master Videoescope set with sensor drum
Rebarbadora	Corte dos provetes	Bosch	GWS 10-125
Fresadora	Maquinagem dos provetes	Rambaudi	MG3
Esmeril	Remoção do excesso de soldadura	Bosch	GSM 175
Rugosimetro	Medição de rugosidade	Mitutoyo	SJ-301
Espectrómetro	Analise Química	Spectro	Spectrolab M8
Disco de polir	Preparação da superfície para dureza	Norton	Vortex Rapid Finish 4-1/2" x7/8"
Dureza industrial	Medição dureza	Krautkramer	MIC 10
Microdurómetro (Lab. ISQ)	Medição de dureza na secção transversal da ligação	Shimadzu	HSV-20
Microdurómetro (Lab. ARSOPI)		Shimadzu Micro Hardness Tester	Type-M
Prensa Hidráulica	Dobragem	Ciata	P-115/HP
Scanner digital	Macrografia	Hewlett-Packard	ScanJet 8200
Microscópio ótico	Micrografia	Carl Zeiss	Axioskop 2 Mat
Tração	Ensaio de tração a 20 °C	INSTRON	4208
Tração	Ensaio de tração a 600 °C	INSTRON	8562
Líquidos penetrantes	Ensaio por líquidos penetrantes	MarkeR	MR 79 / MR 68 C / MR 70

ANEXO XVII

Tabela com as medições de dureza na superfície dos testes

		Durezas HV - Durómetro Krautkramer - MIC 10 Nr. 34101-3449														
		MB			ZTA			SOLDADURA			ZTA			MB		
Teste	**Tubo**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T00	1	203	210	211	260	269	280	332	339	362	295	284	282	209	200	196
	2	205	214	200	257	266	292	361	381	361	307	292	291	211	217	232
	Média	204	212	206	259	268	286	347	360	362	301	288	287	210	209	214
	σ	1	2	6	2	2	6	15	21	1	6	4	5	1	9	18
T01	1	200	228	206	183	198	175	258	249	252	224	244	234	218	214	194
	2	191	201	170	183	223	227	221	240	252	199	172	177	181	185	181
	Média	196	215	188	183	211	201	240	245	252	212	208	206	200	200	188
	σ	5	14	18	0	13	26	19	5	0	13	36	29	19	15	7
T02A	1	228	200	227	267	268	265	331	335	326	266	275	253	208	204	205
	2	203	204	208	258	254	298	317	338	312	295	290	288	222	226	221
	Média	216	202	218	263	261	282	324	337	319	281	283	271	215	215	213
	σ	13	2	10	5	7	17	7	2	7	15	8	18	7	11	8
T02	1	177	179	190	187	198	199	228	227	241	179	174	185	201	199	191
	2	180	187	182	189	188	197	219	226	231	187	186	186	202	196	198
	Média	179	183	186	188	193	198	224	227	236	183	180	186	202	198	195
	σ	2	4	4	1	5	1	5	1	5	4	6	1	1	2	4
T03A	1	211	190	210	286	272	313	321	300	327	280	285	284	228	218	190
	2	198	213	201	278	279	294	316	303	292	307	282	289	212	195	193
	Média	205	202	206	282	276	304	319	302	310	294	284	287	220	207	192
	σ	7	12	5	4	4	10	3	2	18	14	2	3	8	12	2
T03	1	185	175	173	170	187	191	220	220	241	231	189	187	176	178	191
	2	186	170	177	174	186	189	219	216	244	233	165	151	165	173	181
	Média	186	173	175	172	187	190	220	218	243	232	177	169	171	176	186
	σ	1	3	2	2	1	1	1	2	2	1	12	18	6	3	5
T04	1	188	175	181	225	231	217	220	222	203	198	189	185	188	176	188
	2	200	191	193	215	209	200	201	206	195	189	199	189	171	176	203
	Média	194	183	187	220	220	209	211	214	199	194	194	187	180	176	196
	σ	6	8	6	5	11	9	10	8	4	5	5	2	9	0	8
T05	1	185	175	176	189	174	168	175	177	186	185	182	172	178	179	186
	2	187	211	188	199	191	189	203	211	210	203	215	189	197	200	186
	Média	186	193	182	194	183	179	189	194	198	194	199	181	188	190	186
	σ	1	18	6	5	9	11	14	17	12	9	17	9	10	11	0
T06	1	204	201	185	241	223	219	202	203	210	209	195	188	200	192	176
	2	187	200	204	194	186	189	204	206	215	200	203	191	199	201	202
	Média	196	201	195	218	205	204	203	205	213	205	199	190	200	197	189
	σ	9	1	10	24	19	15	1	2	3	5	4	2	1	5	13
T07	1	200	197	204	201	203	196	219	218	232	206	192	202	210	194	207
	2	182	193	200	194	181	185	206	210	208	193	194	192	194	187	194
	Média	191	195	202	198	192	191	213	214	220	200	193	197	202	191	201
	σ	9	2	2	4	11	6	7	4	12	7	1	5	8	4	7

Teste	Tubo	MB			ZTA			SOLDADURA			ZTA			MB		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T08	1	192	193	184	194	185	189	217	205	208	183	192	184	195	188	196
	2	201	197	200	204	198	202	219	225	200	197	196	193	194	193	192
	Média	197	195	192	199	192	196	218	215	204	190	194	189	195	191	194
	σ	5	2	8	5	7	7	1	10	4	7	2	5	1	3	2
T09	1	199	202	197	209	207	205	224	215	249	211	206	213	197	213	201
	2	189	190	199	199	205	216	221	228	207	201	193	200	191	198	189
	Média	194	196	198	204	206	211	223	222	228	206	200	207	194	206	195
	σ	5	6	1	5	1	6	2	7	21	5	7	7	3	8	6
T10	1	191	214	205	207	215	220	217	238	248	204	209	213	205	198	188
	2	190	203	191	218	239	235	234	220	211	197	199	194	191	193	199
	Média	191	209	198	213	227	228	226	229	230	201	204	204	198	196	194
	σ	1	6	7	6	12	8	9	9	19	4	5	10	7	3	6

ANEXO XVIII

Tabela com as medições de dureza na secção transversal - ISQ

		MB			ZTA			SOLDADURA			ZTA			MB		
Teste	**Filiação**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T00	1	231	229	229	328	422	439	385	401	422	450	454	395	237	236	233
	2	234	232	231	422	464	456	411	409	397	447	462	424	225	227	229
	Média	233	231	230	375	443	448	398	405	410	449	458	410	231	232	231
	σ	2	2	1	47	21	9	13	4	13	2	4	15	6	5	2
T01	1	212	217	214	217	238	275	249	266	250	256	222	211	220	217	219
	2	219	231	219	228	236	256	253	249	253	240	227	222	216	218	215
	Média	216	224	217	223	237	266	251	258	252	248	225	217	218	218	217
	σ	4	7	3	6	1	10	2	9	2	8	3	6	2	1	2
T02	1	219	220	221	225	237	280	279	279	271	270	230	227	224	221	225
	2	224	225	223	223	240	247	262	271	272	270	240	242	224	222	221
	Média	222	223	222	224	239	264	271	275	272	270	235	235	224	222	223
	σ	3	3	1	1	2	17	9	4	1	0	5	8	0	1	2
T03	1	220	223	222	221	239	281	273	269	261	270	232	217	226	227	228
	2	224	226	226	223	239	257	262	271	262	260	240	232	224	224	222
	Média	222	225	224	222	239	269	268	270	262	265	236	225	225	226	225
	σ	2	2	2	1	0	12	6	1	1	5	4	8	1	2	3
T04	1	219	217	217	223	242	281	272	282	281	286	242	212	229	230	225
	2	226	228	225	236	253	270	279	274	277	270	248	241	233	232	234
	Média	223	223	221	230	248	276	276	278	279	278	245	227	231	231	230
	σ	4	6	4	7	6	6	4	4	2	8	3	15	2	1	5
T05	1	224	223	228	217	232	258	257	263	265	256	240	225	227	228	226
	2	224	224	222	216	229	247	263	274	271	232	240	237	228	228	224
	Média	224	224	225	217	231	253	260	269	268	244	240	231	228	228	225
	σ	0	1	3	1	2	6	3	6	3	12	0	6	1	0	1
T06	1	232	230	229	222	236	266	271	277	268	251	233	228	227	229	230
	2	231	225	228	219	231	249	257	263	256	258	251	232	227	225	226
	Média	232	228	229	221	234	258	264	270	262	255	242	230	227	227	228
	σ	1	3	1	2	3	9	7	7	6	4	9	2	0	2	2
T07	1	218	219	217	211	222	254	265	270	267	272	231	219	224	224	223
	2	225	224	224	228	239	259	274	277	270	256	232	220	228	228	226
	Média	222	222	221	220	231	257	270	274	269	264	232	220	226	226	225
	σ	4	3	4	9	9	3	5	4	2	8	1	1	2	2	2
T08	1	224	225	233	219	228	250	277	270	274	279	245	233	236	237	236
	2	226	226	228	213	232	244	265	262	279	261	236	226	234	232	230
	Média	225	226	231	216	230	247	271	266	277	270	241	230	235	235	233
	σ	1	1	3	3	2	3	6	4	3	9	5	4	1	3	3
T09	1	234	234	236	226	241	272	270	270	273	266	237	229	230	231	232
	2	229	234	231	237	246	262	276	268	275	260	237	228	232	231	230
	Média	232	234	234	232	244	267	273	269	274	263	237	229	231	231	231
	σ	3	0	3	6	3	5	3	1	1	3	0	1	1	0	1
T10	1	228	227	226	234	259	288	281	278	274	280	236	232	231	234	233
	2	230	231	230	237	254	275	277	279	276	255	238	230	236	237	234
	Média	229	229	228	236	257	282	279	279	275	268	237	231	234	236	234
	σ	1	2	2	2	3	7	2	1	1	13	1	1	3	2	1

ANEXO XIX

Relatórios de Inspeção por Líquidos Penetrantes ao Chanfro: PAPP_T00 – P_APP_T10

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T00 - Chamfer**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: Temperature ±21ºC **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: Chamfer
Extent of testing

MATERIAL: SA 213 T91 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: Remarks No indications of descontinuities have been observed.

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 16th May 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-05-16	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

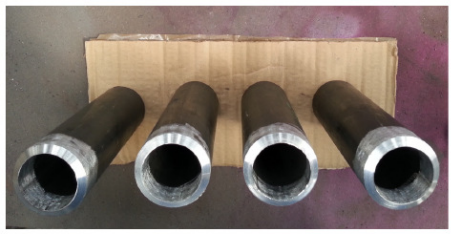
Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº**- Purchase Order: -----

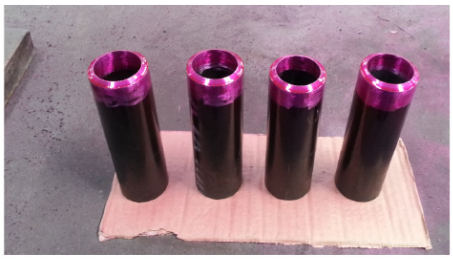
Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T00 - Chamfer**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

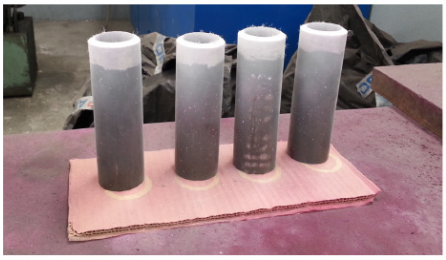
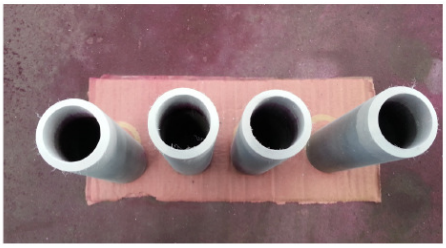
Surface condition

Penetrant aplication

Final result

ARSOPI	**INSPECÇÃO**-INSPECTION	**CLIENTE**-CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-05-16	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.ASP.QU.061.04.07

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T01 - Chamfer**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: ±21ºC Temperature **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: Chamfer
Extent of testing

MATERIAL: SA 213 T91 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 07th April 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-04-07	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T01 - Chamfer**

Desenho- Drawing:**-----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-04-07	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.ASP.QU.061.04.07

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T02 / T03 / T04 - Chamfer**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: Temperature ±21ºC **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: Chamfer
Extent of testing

MATERIAL: SA 213 T91 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 25th April 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-04-25	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

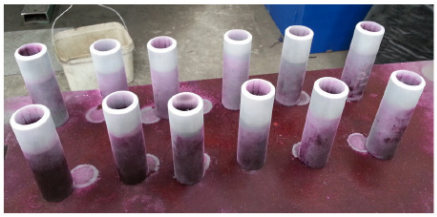
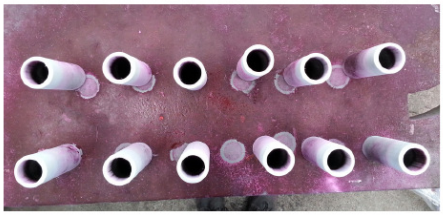
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T02 / T03 / T04 - Chamfer**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-04-25	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.ASP.QU.061.04.07

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T05 - Chamfer**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: Temperature ±21ºC **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: Chamfer
Extent of testing

MATERIAL: Material SA 335 P91 ESPESSURA: Thickness ----------

OBSERVAÇÕES: Remarks No indications of descontinuities have been observed.

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 15th July 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-07-15	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

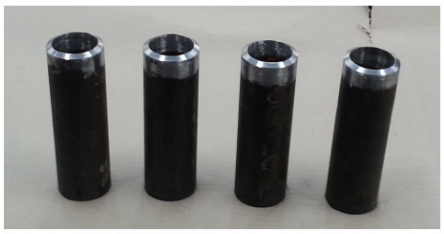
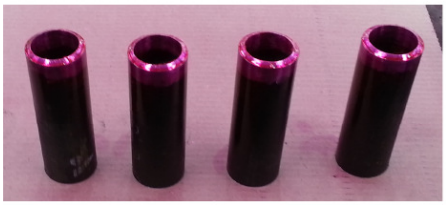
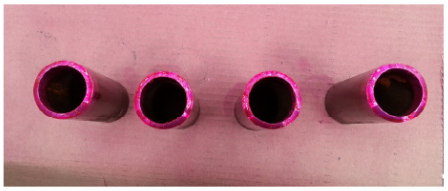
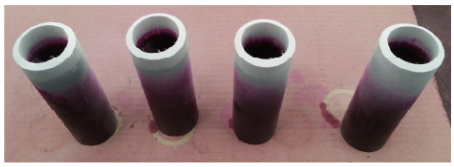
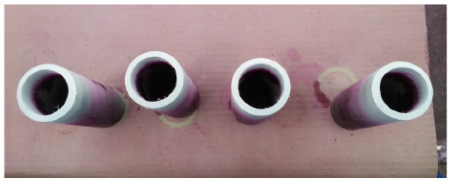
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T05 - Chamfer**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-07-15	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.ASP.QU.061.04.07

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T06 - Chamfer**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: Temperature ±21ºC **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: Chamfer
Extent of testing

MATERIAL: Material SA 335 P91 ESPESSURA: Thickness ----------

OBSERVAÇÕES: Remarks No indications of descontinuities have been observed.

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 21st July 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-07-21	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

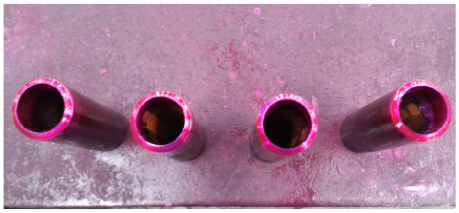
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T06 - Chamfer**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-07-21	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.ASP.QU.061.04.07

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T07 - Chamfer**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: ±21ºC Temperature **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: Chamfer
Extent of testing

MATERIAL: SA 335 P91 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 28th July 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

RSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-07-28	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

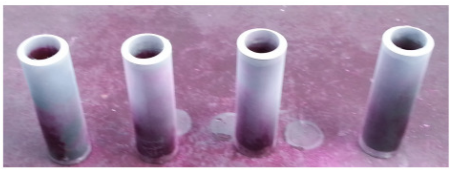
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T07 - Chamfer**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

RSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-07-28	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.ASP.QU.061.04.07

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T08 - Chamfer**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: ±21ºC Temperature **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: Chamfer
Extent of testing

MATERIAL: SA 335 P91 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 15th September 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-09-15	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T08 - Chamfer**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-09-15	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.ASP.QU.061.04.07

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T09 - Chamfer**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: ±21ºC Temperature **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: Chamfer
Extent of testing

MATERIAL: SA 335 P91 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 29th September 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-09-29	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

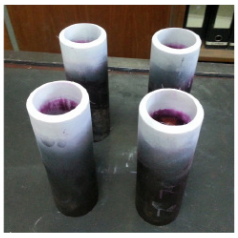
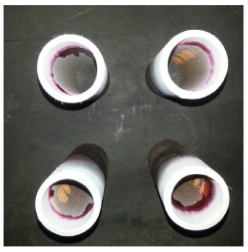
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T09 - Chamfer**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-09-29	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.ASP.QU.061.04.07

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T10 - Chamfer**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: Temperature ±21ºC **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: Chamfer
Extent of testing

MATERIAL: SA 335 P91 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: Remarks No indications of descontinuities have been observed.

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 14th October 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-10-14	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T10 - Chamfer**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-10-14	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.ASP.QU.061.04.07

ANEXO XX

Relatórios de Inspeção por Líquidos Penetrantes à Soldadura: PAPP_T00 – P_APP_T10

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T00 - Weld**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: ±16ºC Temperature **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: 100% Welding and HAZ (≥48h after PWHT)
Extent of testing

MATERIAL: SA 213 T91 / ER90S-B9 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable, according EN ISO 23277 (Qality Level 2)

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 26th May 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-05-26	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

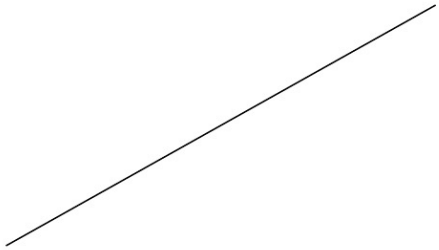
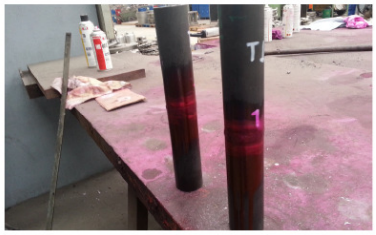
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T00 - Weld**

Desenho- Drawing:**-----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-05-26	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T01 - Weld**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: Temperature ±16ºC **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: 100% Welding and HAZ (≥48h after PWHT)
Extent of testing

MATERIAL: SA 213 T91 ER90S-B9 ESPESSURA: ----------
Material Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable, according EN ISO 23277 (Qality Level 2)

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 16th April 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-04-16	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T01 - Weld**

Desenho- Drawing:**-----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-04-16	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T02 – Weld (before PWHT)**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: ±16ºC Temperature **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: 100% Welding and HAZ (before PWHT)
Extent of testing

MATERIAL: SA 213 T91 / ER90S-B9 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable, according EN ISO 23277 (Qality Level 2)

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 06th November 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-11-06	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

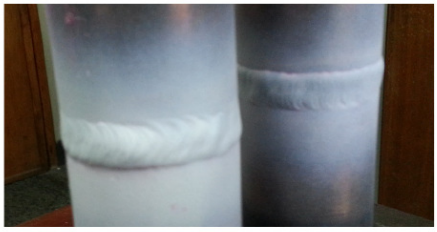
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T02 – Weld (before PWHT)**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-11-06	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T02 – Weld (after PWHT)**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: ±16ºC Temperature **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: 100% Welding and HAZ (≥48h after PWHT)
Extent of testing

MATERIAL: SA 213 T91 / ER90S-B9 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable, according EN ISO 23277 (Qality Level 2)

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 19th November 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-11-19	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

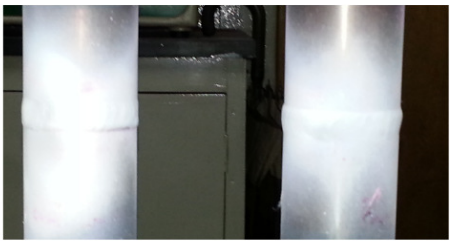
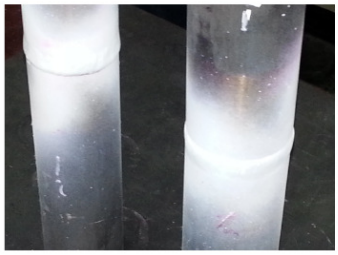
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T02 – Weld (after PWHT)**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-11-19	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T03 – Weld (before PWHT)**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: Temperature ±16ºC **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: 100% Welding and HAZ (before PWHT)
Extent of testing

MATERIAL: SA 213 T91 / ER90S-B9 ESPESSURA: ----------
Material Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable, according EN ISO 23277 (Qality Level 2)

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 06th November 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-11-06	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

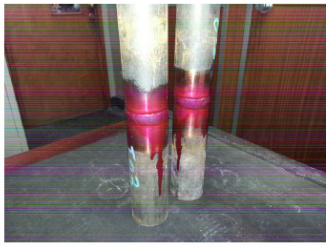
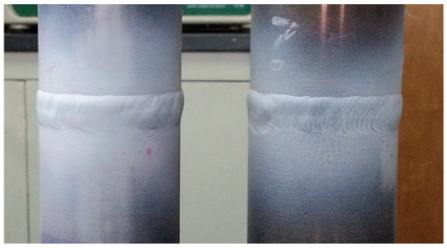
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T03 – Weld (before PWHT)**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-11-06	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T03 – Weld (after PWHT)**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: Temperature ±16ºC **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: 100% Welding and HAZ (≥48h after PWHT)
Extent of testing

MATERIAL: SA 213 T91 / ER90S-B9 ESPESSURA: ----------
Material Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable, according EN ISO 23277 (Qality Level 2)

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 19th November 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-11-19	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

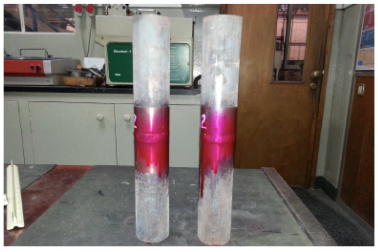
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T03 – Weld (after PWHT)**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-11-19	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T04 - Weld**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: ±16ºC Temperature **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: 100% Welding and HAZ (≥48h after PWHT)
Extent of testing

MATERIAL: SA 213 T91 / ER90S-B9 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable, according EN ISO 23277 (Qality Level 2)

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 21st May 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-05-21	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

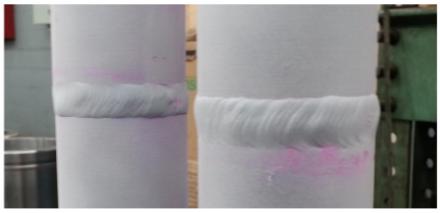
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T04 - Weld**

Desenho- Drawing:**-----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-05-21	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Pag. 2 de 2

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T05 - Weld**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: Temperature ±16ºC **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: 100% Welding and HAZ (≥48h after PWHT)
Extent of testing

MATERIAL: SA 335 P91 / ER90S-B9 ESPESSURA: ----------
Material Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable, according EN ISO 23277 (Qality Level 2)

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 21st July 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-07-21	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

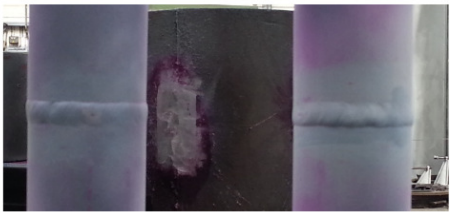
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T05 - Weld**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-07-21	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T06 - Weld**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: Temperature ±16ºC **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: 100% Welding and HAZ (≥48h after PWHT)
Extent of testing

MATERIAL: SA 335 P91 / ER90S-B9 ESPESSURA: ----------
Material Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable, according EN ISO 23277 (Qality Level 2)

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 29th July 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-07-29	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

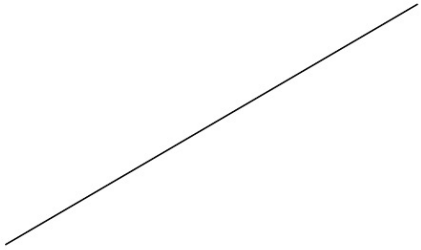
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T06 - Weld**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-07-29	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T07 - Weld**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: Temperature ±16ºC **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: 100% Welding and HAZ (≥48h after PWHT)
Extent of testing

MATERIAL: SA 335 P91 / ER90S-B9 ESPESSURA: ----------
Material Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable, according EN ISO 23277 (Qality Level 2)

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 04th August 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-08-04	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

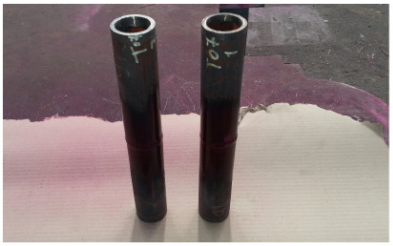
Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T07 - Weld**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

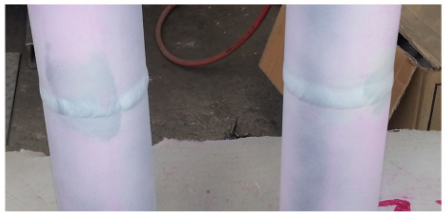
Surface condition




Penetrant aplication




Final result

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-08-04	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T08 - Weld**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: ±16ºC Temperature **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: 100% Welding and HAZ (≥48h after PWHT)
Extent of testing

MATERIAL: SA 335 P91 / ER90S-B9 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable, according EN ISO 23277 (Qality Level 2)

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 22nd September 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-09-22	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

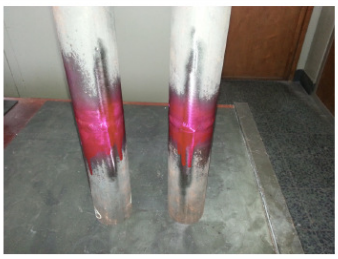
Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T08 - Weld**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition




Penetrant aplication




Final result




ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-09-22	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T09 - Weld**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: ±16ºC Temperature **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: 100% Welding and HAZ (≥48h after PWHT)
Extent of testing

MATERIAL: SA 335 P91 / ER90S-B9 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable, according EN ISO 23277 (Qality Level 2)

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 15th October 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-10-15	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

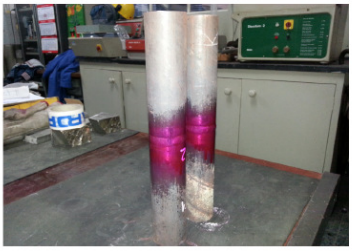
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T09 - Weld**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-10-15	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T10 - Weld**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: ±16ºC Temperature **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: 100% Welding and HAZ (≥48h after PWHT)
Extent of testing

MATERIAL: SA 335 P91 / ER90S-B9 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable, according EN ISO 23277 (Qality Level 2)

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 05th November 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-11-05	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

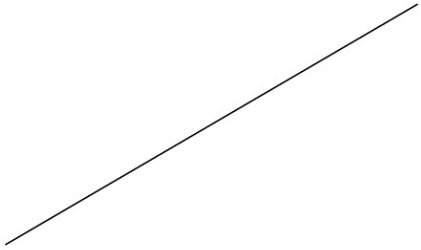
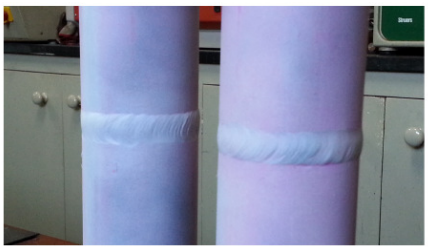
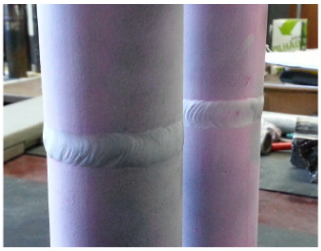
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T10 - Weld**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-11-05	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ANEXO XXI

Relatórios de Inspeção por Líquidos Penetrantes aos Provetes de Ensaio de Dobragem: P_APP_T00 – P_APP_T10

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T00 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: ±16ºC Temperature **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: Bending zone
Extent of testing

MATERIAL: SA 213 T91 / ER90S-B9 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 08th September 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-09-08	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

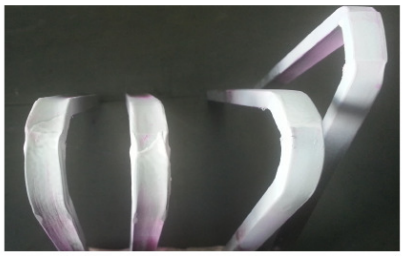
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T00 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-09-08	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T01 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: Temperature ±16ºC **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: Bending zone
Extent of testing

MATERIAL: SA 213 T91 / ER90S-B9 ESPESSURA: ----------
Material Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 14th May 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-05-14	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

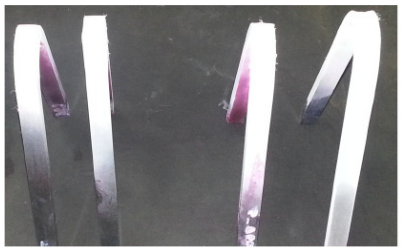
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T01 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-05-14	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T02 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: ±16ºC Temperature **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: Bending zone
Extent of testing

MATERIAL: SA 213 T91 / ER90S-B9 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 13th January 2015.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2015-01-13	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

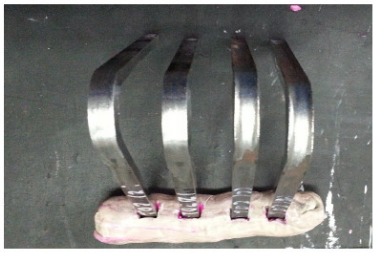
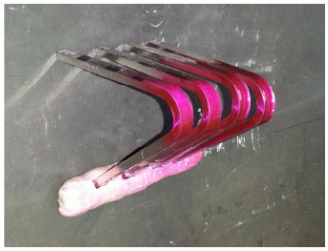
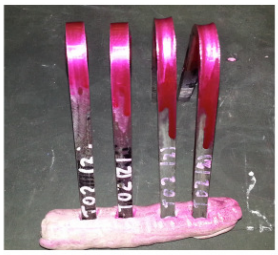
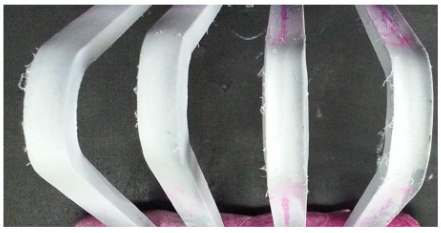
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T02 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2015-01-13	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T03 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: ±16ºC Temperature **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: Bending zone
Extent of testing

MATERIAL: SA 213 T91 / ER90S-B9 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 13th January 2015.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2015-01-13	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

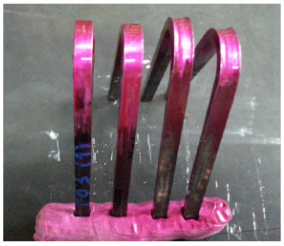
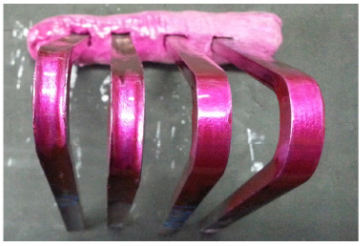
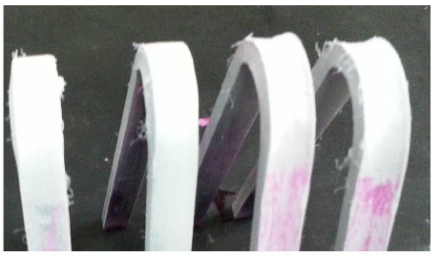
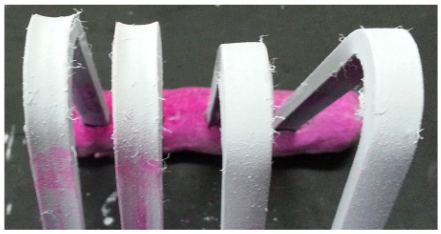
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T03 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2015-01-13	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T04 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: Temperature ±16ºC **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: Bending zone
Extent of testing

MATERIAL: SA 213 T91 / ER90S-B9 ESPESSURA: ----------
Material Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 08th September 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-09-08	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

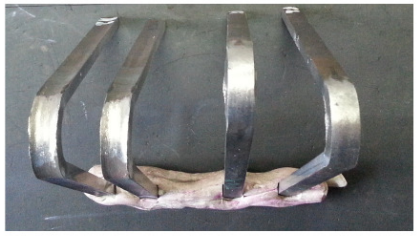
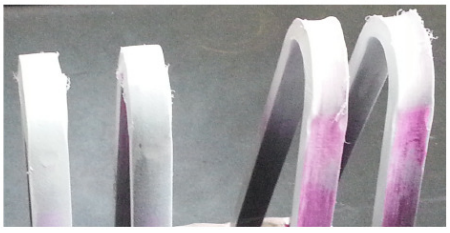
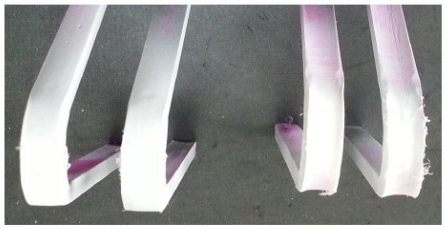
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº**- Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T04 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO**-INSPECTION	**CLIENTE**-CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-09-08	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T05 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: ±16ºC Temperature **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: Bending zone
Extent of testing

MATERIAL: SA 335 P91 / ER90S-B9 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 12th September 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-09-12	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

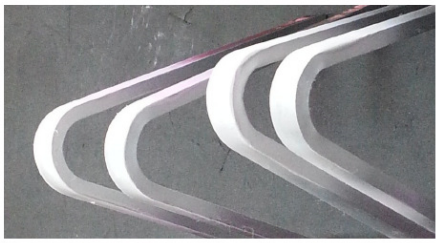
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T05 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-09-12	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T06 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: Temperature ±16ºC **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: Bending zone
Extent of testing

MATERIAL: SA 335 P91 / ER90S-B9 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: Remarks No indications of descontinuities have been observed.

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 15th December 2014.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-12-15	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

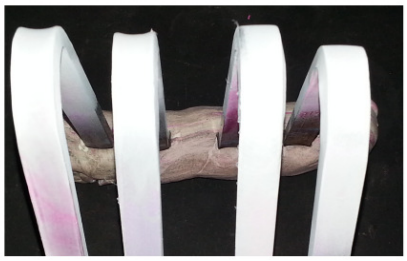
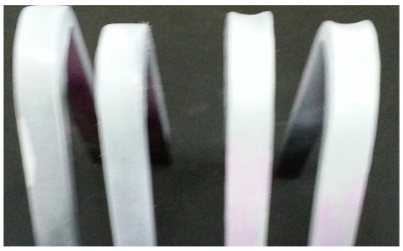
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº**- Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T06 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO**-INSPECTION	**CLIENTE**-CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-12-15	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T07 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: ±16ºC Temperature **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: Bending zone
Extent of testing

MATERIAL: SA 335 P91 / ER90S-B9 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 08th January 2015.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2015-01-08	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

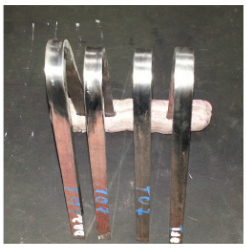
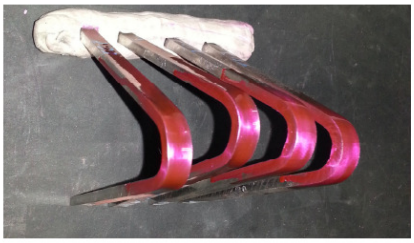
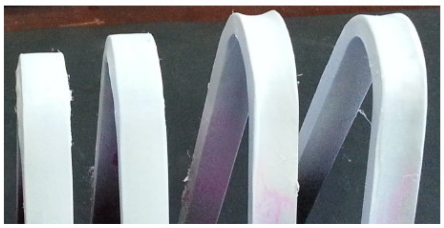
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T07 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2015-01-08	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T08 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: ±16ºC Temperature **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: Bending zone
Extent of testing

MATERIAL: SA 335 P91 / ER90S-B9 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 08th January 2015.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2015-01-08	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

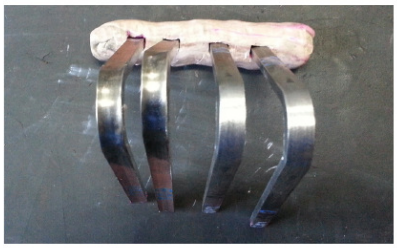
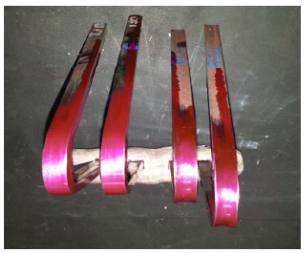
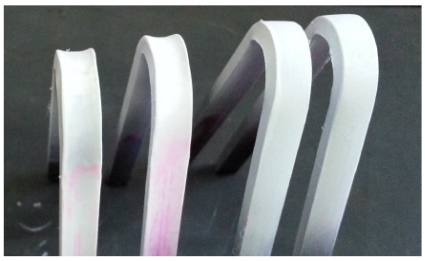
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T08 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**-----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2015-01-08	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T09 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: Temperature ±16ºC **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: Bending zone
Extent of testing

MATERIAL: SA 335 P91 / ER90S-B9 Material ESPESSURA: ---------- Thickness

OBSERVAÇÕES: No indications of descontinuities have been observed.
Remarks

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 13th January 2015.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2015-01-13	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

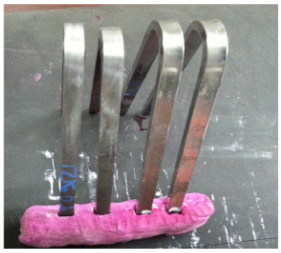
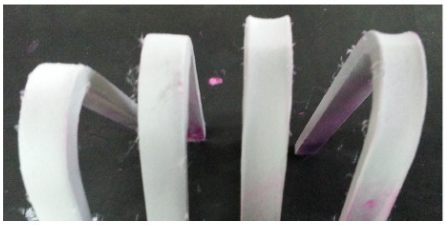
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T09 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2015-01-13	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T10 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE ENSAIO COM LÍQUIDOS PENETRANTES
DYE PENETRANT EXAMINATION REPORT

PROCEDIMENTO / ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO Procedure / Test Specification : Pop.QU0201 **REVISÃO** Revision : A/4

MÉTODO: Method [X] SPRAY Spray [ ] PINCELAGEM Brushing [ ] _____

TEMPERATURA: Temperature ±16ºC **PENETRANT TYPE** Tipo de Penetrante [X] VISÍVEL Visible [ ] FLUORESCENTE Fluorescent

PRODUTO Product	MARCA Make	TIPO Type	TEMPO Time
LIMPEZA Precleaning	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
PENETRANTE Penetrant	MarkeR	Penetrant MR 68 C	15 min
REMOVEDOR Remover	MarkeR	Special Cleaner MR 79	
REVELADOR Developer	MarkeR	Developer MR 70	15 min

EQUIPAMENTO DE ILUMINAÇÃO: Artificial light – >1000 lx
Lighting Equipment

EXTENSÃO DO ENSAIO: Bending zone
Extent of testing

MATERIAL: Material SA 335 P91 / ER90S-B9 ESPESSURA: Thickness ----------

OBSERVAÇÕES: Remarks No indications of descontinuities have been observed.

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 13th January 2015.

Rubrica e Carimbo
Sign and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2015-01-13	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

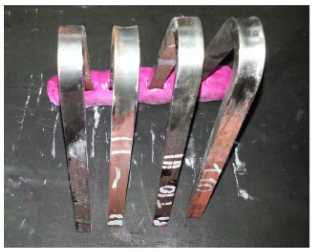
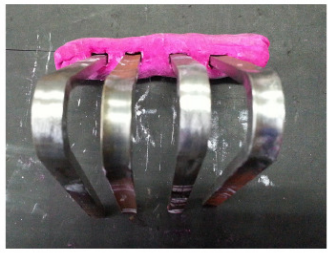
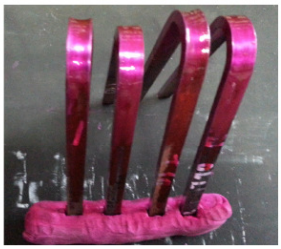
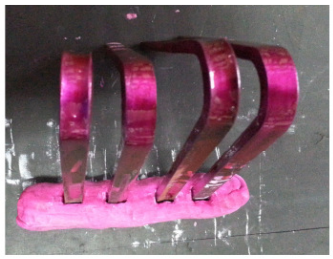
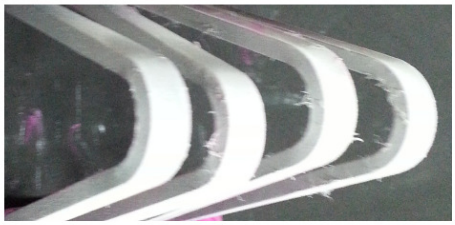
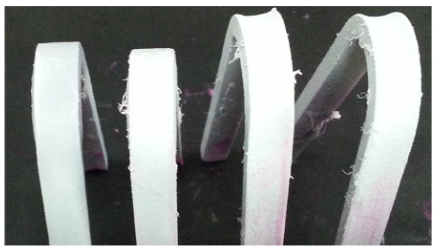
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T10 – Bending tests**

Desenho- Drawing:**----** **O.F.: 143489**

Surface condition	
	
Penetrant aplication	
	
Final result	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C.Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2015-01-13	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ANEXO XXII

Relatórios de Inspeção Visual: P_APP_T00 – P_APP_T10

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

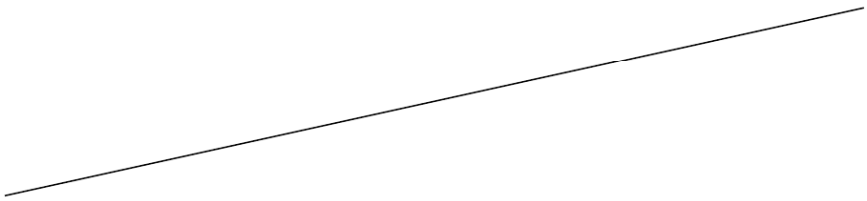
Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T00**

Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE INSPECÇÃO VISUAL
VISUAL TEST REPORT

Zona de inspecção: Inspection Zone	All the test piece	**Método de Inspecção:** Inspetion method	Visual - Direct		
Material: Material	SA 213 T91 (Base material) ER90S–B9 (Weld material)	**Processo de soldadura:** Welding Process	GTAW	**Estado da Superfície:** Surface Condition	Finished weld
Equipamentos de ensaio: Test equipments	Escantilhão de soldadura; Paquímetro; Lanterna; Lupa;	**Equipamentos Auxiliares:** Auxiliary equipments	Lupa 3 diopetrias		
Iluminancia na superfície: Surface Iluminance	>1000 lx.	**Distancia de Observação:** Distance of observation	< 600 mm	**Angulo de Visualização:** Viewing angle	< 30º
Norma de Execução: Standart	ISO 17637	**Norma de Avaliação:** Evaluation Strandard	EN ISO 5817	**Nível de Aceitação:** Aceptable level	Nível C

Localização das imperfeições - Esquema / Defect position - Scheme



Nr.	Nome / Name (EN ISO 6520-1)	Localização / Position	Dimensão / Dimension	Avaliação / Evaluation

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 26th May 2014. Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-05-26	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

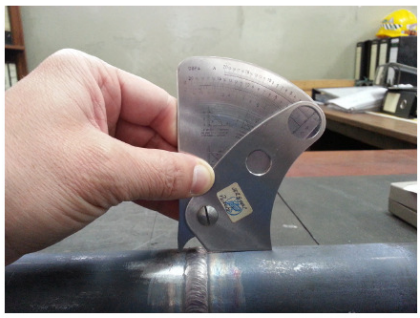
Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

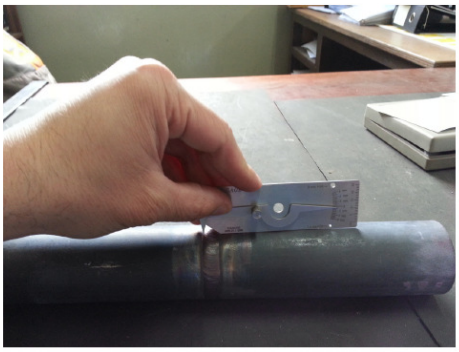
Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T00**

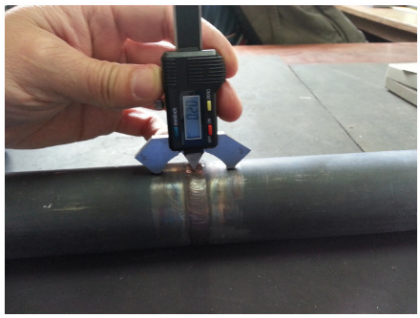
Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

Reguisto Fotográfico









ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-05-26	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T01**

Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE INSPECÇÃO VISUAL
VISUAL TEST REPORT

Zona de inspecção: Inspection Zone: All the test piece

Método de Inspecção: Inspetion method: Visual - Direct

Material: Material: SA 213 T91 (Base material) ER90S–B9 (Weld material)

Processo de soldadura: Welding Process: GTAW

Estado da Superfície: Surface Condition: Finished weld

Equipamentos de ensaio: Test equipments: Escantilhão de soldadura; Paquímetro; Lanterna; Lupa;

Equipamentos Auxiliares: Auxiliary equipments: Lupa 3 diopetrias

Iluminancia na superfície: Surface Iluminance: >1000 lx.

Distancia de Observação: Distance of observation: < 600 mm

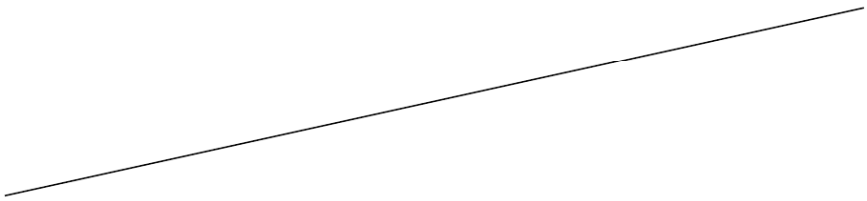
Angulo de Visualização: Viewing angle: < 30º

Norma de Execução: Standart: ISO 17637

Norma de Avaliação: Evaluation Strandard: EN ISO 5817

Nível de Aceitação: Aceptable level: Nível C

Localização das imperfeições - Esquema / Defect position - Scheme



Nr.	Nome / Name (EN ISO 6520-1)	Localização / Position	Dimensão / Dimension	Avaliação / Evaluation

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 11th April 2014. Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-04-11	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T01**

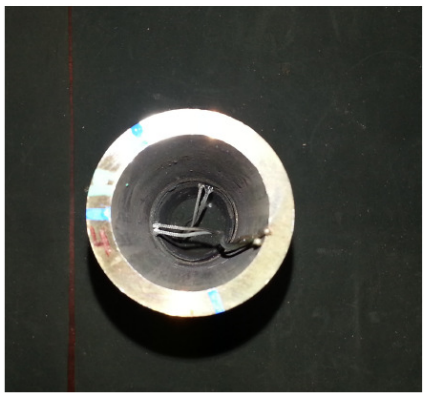
Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

Reguisto Fotográfico









ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-04-11	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T02**

Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE INSPECÇÃO VISUAL
VISUAL TEST REPORT

Zona de inspecção: Inspection Zone: All the test piece

Método de Inspecção: Inspetion method: Visual - Direct

Material: Material: SA 213 T91 (Base material) ER90S–B9 (Weld material)

Processo de soldadura: Welding Process: GTAW

Estado da Superfície: Surface Condition: Finished weld

Equipamentos de ensaio: Test equipments: Escantilhão de soldadura; Paquímetro; Lanterna; Lupa;

Equipamentos Auxiliares: Auxiliary equipments: Lupa 3 diopetrias

Iluminancia na superfície: Surface Iluminance: >1000 lx.

Distancia de Observação: Distance of observation: < 600 mm

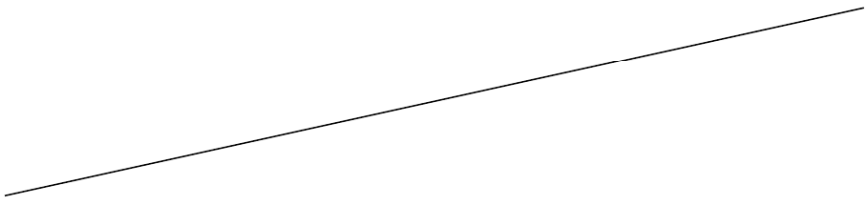
Angulo de Visualização: Viewing angle: < 30º

Norma de Execução: Standart: ISO 17637

Norma de Avaliação: Evaluation Strandard: EN ISO 5817

Nível de Aceitação: Aceptable level: Nível C

Localização das imperfeições - Esquema / Defect position - Scheme



Nr.	Nome / Name (EN ISO 6520-1)	Localização / Position	Dimensão / Dimension	Avaliação / Evaluation

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 19th November 2014. Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-11-19	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

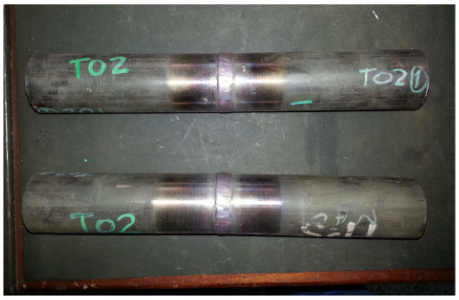
Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

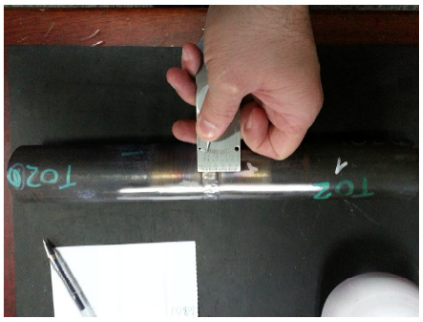
Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T02**

Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

Reguisto Fotográfico









ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-11-19	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T03**

Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE INSPECÇÃO VISUAL
VISUAL TEST REPORT

Zona de inspecção: Inspection Zone: All the test piece

Método de Inspecção: Inspetion method: Visual - Direct

Material: Material: SA 213 T91 (Base material) ER90S–B9 (Weld material)

Processo de soldadura: Welding Process: GTAW

Estado da Superfície: Surface Condition: Finished weld

Equipamentos de ensaio: Test equipments: Escantilhão de soldadura; Paquímetro; Lanterna; Lupa;

Equipamentos Auxiliares: Auxiliary equipments: Lupa 3 diopetrias

Iluminancia na superfície: Surface Iluminance: >1000 lx.

Distancia de Observação: Distance of observation: < 600 mm

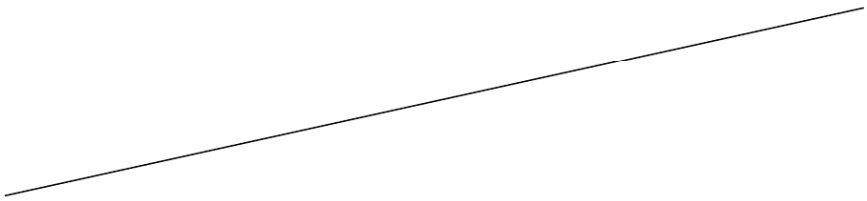
Angulo de Visualização: Viewing angle: < 30º

Norma de Execução: Standart: ISO 17637

Norma de Avaliação: Evaluation Strandard: EN ISO 5817

Nível de Aceitação: Aceptable level: Nível C

Localização das imperfeições - Esquema / Defect position - Scheme



Nr.	Nome / Name (EN ISO 6520-1)	Localização / Position	Dimensão / Dimension	Avaliação / Evaluation

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 19th November 2014. Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-11-19	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

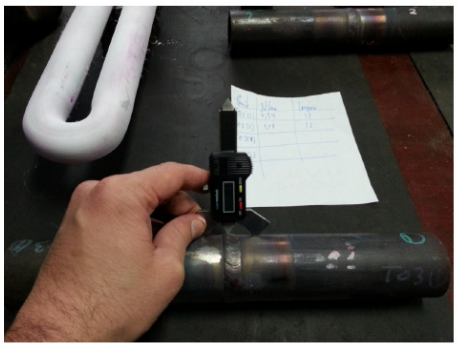
Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T03**

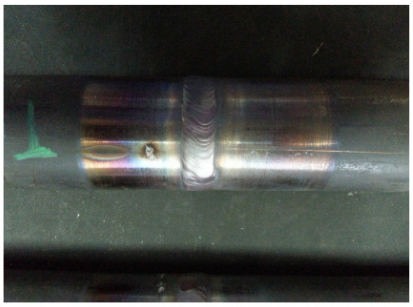
Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

Reguisto Fotográfico









ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-11-19	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T04**

Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE INSPECÇÃO VISUAL
VISUAL TEST REPORT

Zona de inspecção: Inspection Zone: All the test piece

Método de Inspecção: Inspetion method: Visual - Direct

Material: Material: SA 213 T91 (Base material) ER90S–B9 (Weld material)

Processo de soldadura: Welding Process: GTAW

Estado da Superfície: Surface Condition: Finished weld

Equipamentos de ensaio: Test equipments: Escantilhão de soldadura; Paquímetro; Lanterna; Lupa;

Equipamentos Auxiliares: Auxiliary equipments: Lupa 3 diopetrias

Iluminancia na superfície: Surface Iluminance: >1000 lx.

Distancia de Observação: Distance of observation: < 600 mm

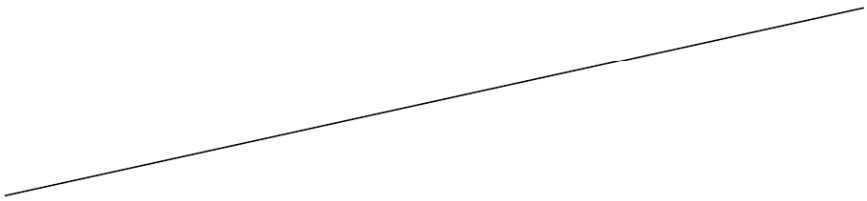
Angulo de Visualização: Viewing angle: < 30º

Norma de Execução: Standart: ISO 17637

Norma de Avaliação: Evaluation Strandard: EN ISO 5817

Nível de Aceitação: Aceptable level: Nível C

Localização das imperfeições - Esquema / Defect position - Scheme



Nr.	Nome / Name (EN ISO 6520-1)	Localização / Position	Dimensão / Dimension	Avaliação / Evaluation

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 28 April 2014. Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-04-28	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T04**

Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

Reguisto Fotográfico









ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-04-28	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

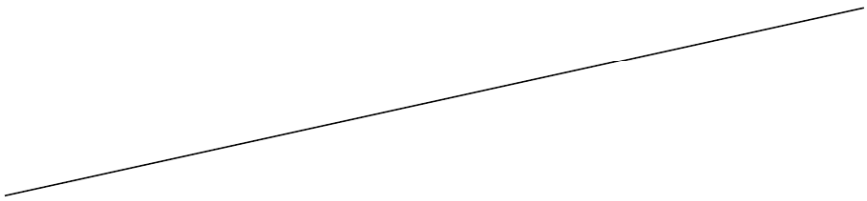
Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T05**

Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE INSPECÇÃO VISUAL
VISUAL TEST REPORT

Zona de inspecção: Inspection Zone	All the test piece	**Método de Inspecção:** Inspetion method	Visual - Direct		
Material: Material	SA 335 P91 (Base material) ER90S–B9 (Weld material)	**Processo de soldadura:** Welding Process	GTAW	**Estado da Superfície:** Surface Condition	Finished weld
Equipamentos de ensaio: Test equipments	Escantilhão de soldadura; Paquímetro; Lanterna; Lupa;	**Equipamentos Auxiliares:** Auxiliary equipments	Lupa 3 diopetrias		
Iluminancia na superfície: Surface Iluminance	>1000 lx.	**Distancia de Observação:** Distance of observation	< 600 mm	**Angulo de Visualização:** Viewing angle	< 30º
Norma de Execução: Standart	ISO 17637	**Norma de Avaliação:** Evaluation Strandard	EN ISO 5817	**Nível de Aceitação:** Aceptable level	Nível C

Localização das imperfeições - Esquema / Defect position - Scheme



Nr.	Nome / Name (EN ISO 6520-1)	Localização / Position	Dimensão / Dimension	Avaliação / Evaluation

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 19th July 2014. Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-07-19	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

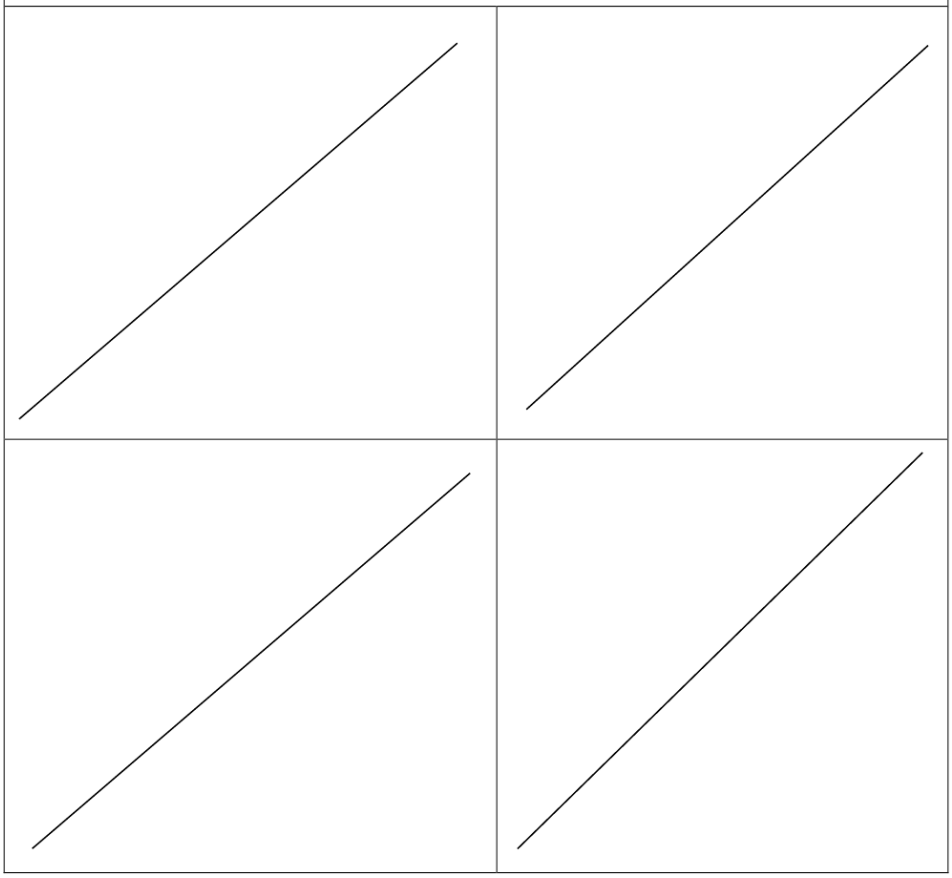
Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T05**

Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

Reguisto Fotográfico



ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-07-19	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T06**

Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE INSPECÇÃO VISUAL
VISUAL TEST REPORT

Zona de inspecção: Inspection Zone: All the test piece

Método de Inspecção: Inspetion method: Visual - Direct

Material: Material: SA 335 P91 (Base material) ER90S–B9 (Weld material)

Processo de soldadura: Welding Process: GTAW

Estado da Superfície: Surface Condition: Finished weld

Equipamentos de ensaio: Test equipments: Escantilhão de soldadura; Paquímetro; Lanterna; Lupa;

Equipamentos Auxiliares: Auxiliary equipments: Lupa 3 diopetrias

Iluminancia na superfície: Surfance Iluminance: >1000 lx.

Distancia de Observação: Distance of observation: < 600 mm

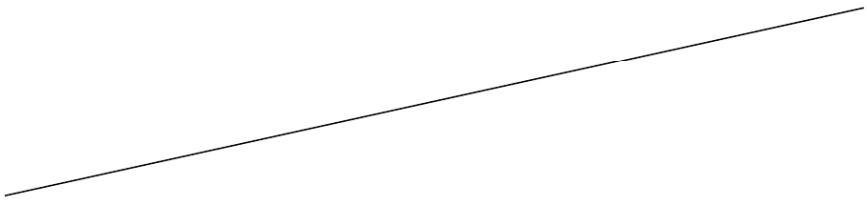
Angulo de Visualização: Viewing angle: < 30º

Norma de Execução: Standart: ISO 17637

Norma de Avaliação: Evaluation Strandard: EN ISO 5817

Nível de Aceitação: Aceptable level: Nível C

Localização das imperfeições - Esquema / Defect position - Scheme



Nr.	Nome / Name (EN ISO 6520-1)	Localização / Position	Dimensão / Dimension	Avaliação / Evaluation

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 29th July 2014. Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-07-29	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

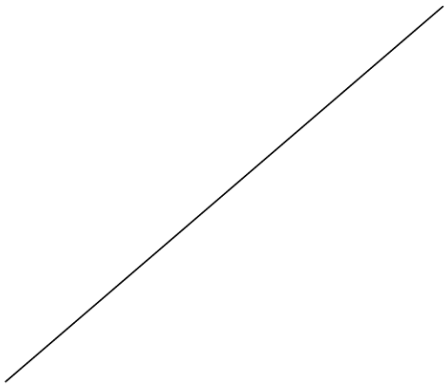
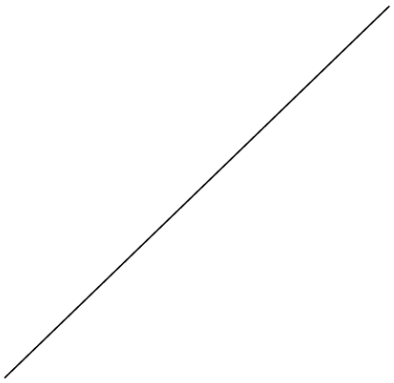
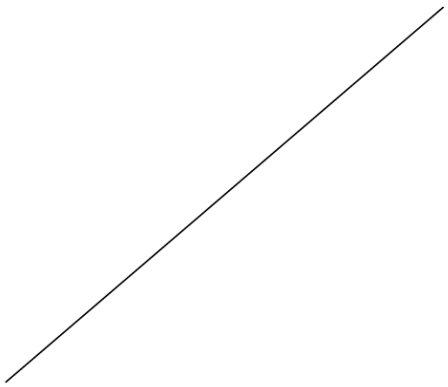
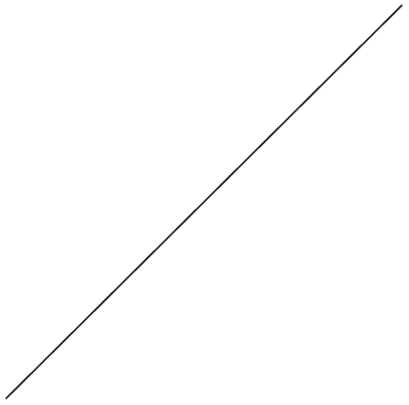
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T06**

Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

Reguisto Fotográfico	
	
	

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-07-29	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T07**

Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE INSPECÇÃO VISUAL
VISUAL TEST REPORT

Zona de inspecção: Inspection Zone: All the test piece

Método de Inspecção: Inspetion method: Visual - Direct

Material: Material: SA 335 P91 (Base material) ER90S–B9 (Weld material)

Processo de soldadura: Welding Process: GTAW

Estado da Superfície: Surface Condition: Finished weld

Equipamentos de ensaio: Test equipments: Escantilhão de soldadura; Paquímetro; Lanterna; Lupa;

Equipamentos Auxiliares: Auxiliary equipments: Lupa 3 diopetrias

Iluminancia na superfície: Surface Iluminance: >1000 lx.

Distancia de Observação: Distance of observation: < 600 mm

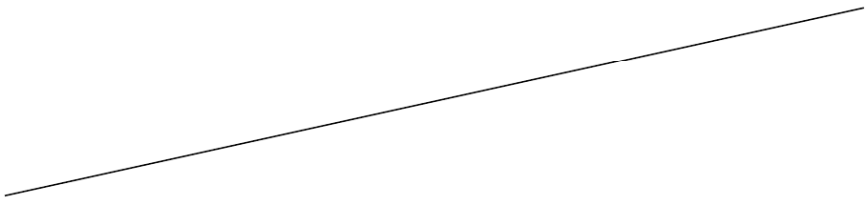
Angulo de Visualização: Viewing angle: < 30º

Norma de Execução: Standart: ISO 17637

Norma de Avaliação: Evaluation Strandard: EN ISO 5817

Nível de Aceitação: Aceptable level: Nível C

Localização das imperfeições - Esquema / Defect position - Scheme



Nr.	Nome / Name (EN ISO 6520-1)	Localização / Position	Dimensão / Dimension	Avaliação / Evaluation

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 04th August 2014. Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-08-04	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T07**

Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

Reguisto Fotográfico









ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-08-04	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T08**

Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE INSPECÇÃO VISUAL
VISUAL TEST REPORT

Zona de inspecção: Inspection Zone: All the test piece

Método de Inspecção: Inspetion method: Visual - Direct

Material: Material: SA 335 P91 (Base material) ER90S–B9 (Weld material)

Processo de soldadura: Welding Process: GTAW

Estado da Superfície: Surface Condition: Finished weld

Equipamentos de ensaio: Test equipments: Escantilhão de soldadura; Paquímetro; Lanterna; Lupa;

Equipamentos Auxiliares: Auxiliary equipments: Lupa 3 diopetrias

Iluminancia na superfície: Surface Iluminance: >1000 lx.

Distancia de Observação: Distance of observation: < 600 mm

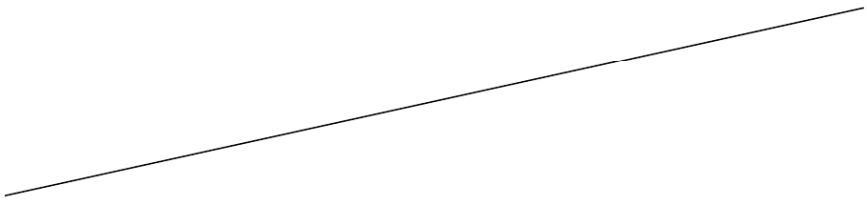
Angulo de Visualização: Viewing angle: < 30º

Norma de Execução: Standart: ISO 17637

Norma de Avaliação: Evaluation Strandard: EN ISO 5817

Nível de Aceitação: Aceptable level: Nível C

Localização das imperfeições - Esquema / Defect position - Scheme



Nr.	Nome / Name (EN ISO 6520-1)	Localização / Position	Dimensão / Dimension	Avaliação / Evaluation

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 19th September 2014. Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-09-19	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

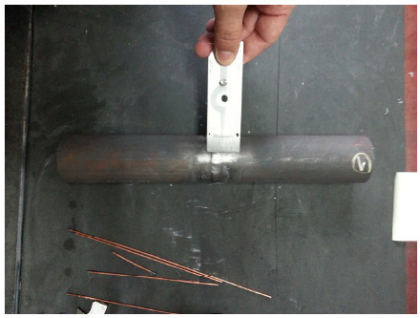
Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

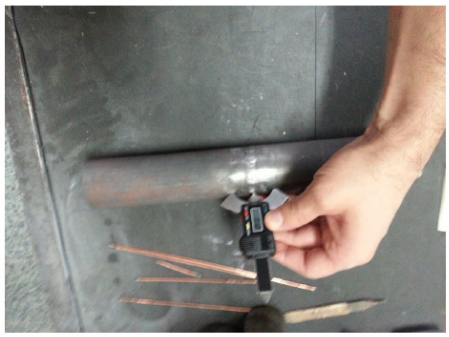
Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T08**

Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

Reguisto Fotográfico









ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-09-19	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T09**

Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE INSPECÇÃO VISUAL
VISUAL TEST REPORT

Zona de inspecção: Inspection Zone: All the test piece

Método de Inspecção: Inspetion method: Visual - Direct

Material: Material: SA 335 P91 (Base material) ER90S–B9 (Weld material)

Processo de soldadura: Welding Process: GTAW

Estado da Superfície: Surface Condition: Finished weld

Equipamentos de ensaio: Test equipments: Escantilhão de soldadura; Paquímetro; Lanterna; Lupa;

Equipamentos Auxiliares: Auxiliary equipments: Lupa 3 diopetrias

Iluminancia na superfície: Surface Iluminance: >1000 lx.

Distancia de Observação: Distance of observation: < 600 mm

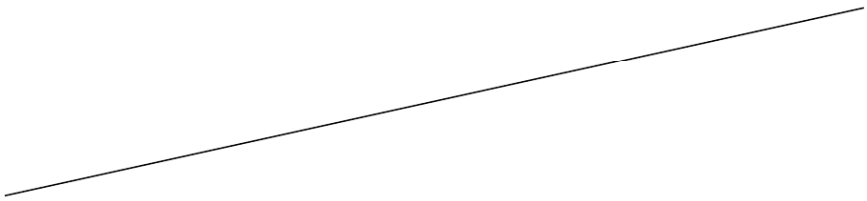
Angulo de Visualização: Viewing angle: < 30º

Norma de Execução: Standart: ISO 17637

Norma de Avaliação: Evaluation Strandard: EN ISO 5817

Nível de Aceitação: Aceptable level: Nível C

Localização das imperfeições - Esquema / Defect position - Scheme



Nr.	Nome / Name (EN ISO 6520-1)	Localização / Position	Dimensão / Dimension	Avaliação / Evaluation

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 07th October 2014. Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-10-07	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T09**

Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

Reguisto Fotográfico









ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-10-07	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T10**

Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE INSPECÇÃO VISUAL
VISUAL TEST REPORT

Zona de inspecção: Inspection Zone: All the test piece

Método de Inspecção: Inspetion method: Visual - Direct

Material: Material: SA 335 P91 (Base material) ER90S–B9 (Weld material)

Processo de soldadura: Welding Process: GTAW

Estado da Superfície: Surface Condition: Finished weld

Equipamentos de ensaio: Test equipments: Escantilhão de soldadura; Paquímetro; Lanterna; Lupa;

Equipamentos Auxiliares: Auxiliary equipments: Lupa 3 diopetrias

Iluminancia na superfície: Surfance Iluminance: >1000 lx.

Distancia de Observação: Distance of observation: < 600 mm

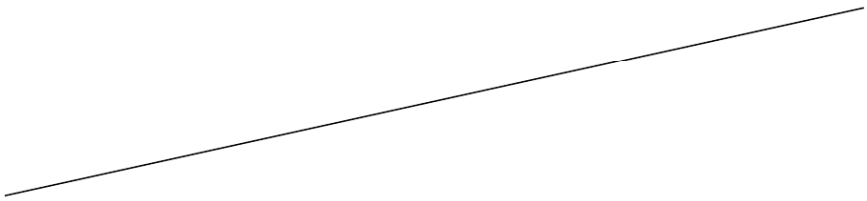
Angulo de Visualização: Viewing angle: < 30º

Norma de Execução: Standart: ISO 17637

Norma de Avaliação: Evaluation Strandard: EN ISO 5817

Nível de Aceitação: Aceptable level: Nível C

Localização das imperfeições - Esquema / Defect position - Scheme



Nr.	Nome / Name (EN ISO 6520-1)	Localização / Position	Dimensão / Dimension	Avaliação / Evaluation

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 20th October 2014. Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-10-20	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T10**

Desenho- Drawing Nº ----- **O.F. Nº: 143489**

Reguisto Fotográfico



ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho (L-2)	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-10-20	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ANEXO XXIII

Relatórios de Inspeção por Raio-X: P_APP_T00 – P_APP_T10

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T00**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

Referências References			Interpretação Assessment	Decisão Decision		IQI Source side	Observações Remarks
Soldadura Weld	Radiografia Film	Soldador Welder		1ª Obs.	2ª Obs.	Fio visível Wire obs.	
T01_P1	1	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T01_P2	2	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T02_P1	1	W780		-			TUBE 2 (after H.T)
T02_P2	2	W780		-			TUBE 2 (after H.T)

Técnica Technique ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )

Outra técnica/ Another technique ( )

Observação - Viewing: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

Tipo de exposição - Exposure type: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO DO CONTROLO Execution conditions

Aparelho/Equipment: ICM	**SOLDADURA**/Welding	**DECISÃO TOMADA**/Decision
Dimensão do foco/Focal spot size: 2,5x2,5	Materiais/Materials: SA335 P91 Ø48,3mm	Bom/Good -
Tensão/Voltage: 200Kv	**ER90S-B9 (weld material)**	Aceitável/Acceptable /
Intensidade/Amperage: 5mA	Esp.reforço soldadura/weld reinf.thickness: 2mm	A reparar/To repair +
Isotopo/Isotope:---- Dimensão/size:----	Espessura/Thickness: 5mm	Bom após reparação Good after repai =
Min.source-to-object distance: 700mm	Proc.soldadura/Welding process: GTAW	
Max.distance source side of object to film:	Posição/Position: 2G	Aceitável após reparação Acceptable after repair X
Temp.exposição/Exposure time:90s	Tipo chanfro/Groove: **V**	
Peliculas/Films: **AGFA D7**	Antes ou ApósTT/Before or After HT: After	Operador/Operator: PINHEIRO (L-2)
Nº filmes por cassete/Nº films per casssette:1		

NOTAÇÃO/Notation

Inclusões gasosas/Gaseouse inclusions	A	Defeitos na mudança de electrodo/ Defects on electrode changing	Be	De cratera/On cavities	Ec
Poros esfericos/Round porosity	Aa			Bordos queimados(mordeduras)/ Undercut	F
Poros vermiculares/Worm holes	Ab	Falta de fusão colagem/Lack of fusion	C		
Poros superficiais/Surface porosity	Ad	Falta de penetração/Lack of penetration	D	Inclusões do fluxo/Flux inclusions	G
Inclusões de escória/Slag inclusion	B	No fundo do chanfro/On root	Da	Inclusões de metais/Metal inclusions	H
Quaisquer/Random	Ba	Entre cordões/Between passes	Db	Inclusões de Oxidos/Oxide inclusions	J
Alinhadas/Aligned	Bb	Fendas ou fissuras/Cracks	E	Cratera/Shrinkage cavities	K
Alternadas/Alternate	Bc	Longitudinais/Longitudinal	Ea	Expulsão de metal/Metal expulsion	L
Defeitos de rebarbagem/Grinding defects	Bd	Transversais/Transverse	Eb	Inclusões de tungsténio/Tungsten	T

ARSOPI	**INSPECTOR**/INSPECTION	**CLIENTE**/CLIENT
Data/Date: 2014-05-26	Data/Date:	Data/Date:
Sign/Stamp:	Sign/Stamp:	Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

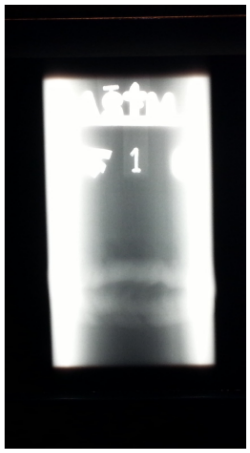
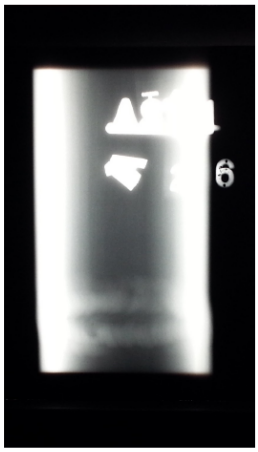
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T00**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

TUBE 1	
Position 1	**Position 2**
	
TUBE 2	
Position 1	**Position 2**
	

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T01**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

Referências References			Interpretação Assessment	Decisão Decision		IQI Source side	Observações Remarks
Soldadura Weld	Radiografia Film	Soldador Welder		1ª Obs.	2ª Obs.	Fio visível Wire obs.	
T01_P1	1	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T01_P2	2	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T02_P1	1	W780		-			TUBE 2 (after H.T)
T02_P2	2	W780		-			TUBE 2 (after H.T)

Técnica Technique  ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )

Outra técnica/ Another technique ( )

Observação - Viewing: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

Tipo de exposição - Exposure type: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO DO CONTROLO Execution conditions

Aparelho/Equipment: ICM	**SOLDADURA**/Welding	**DECISÃO TOMADA**/Decision
Dimensão do foco/Focal spot size: 2,5x2,5	Materiais/Materials: SA335 P91 Ø48,3mm	Bom/Good -
Tensão/Voltage: 200Kv	**ER90S-B9 (weld material)**	Aceitável/Acceptable /
Intensidade/Amperage: 5mA	Esp.reforço soldadura/weld reinf.thickness: 2mm	A reparar/To repair +
Isotopo/Isotope:---- Dimensão/size:----	Espessura/Thickness: 5mm	Bom após reparação Good after repai =
Min.source-to-object distance: 700mm	Proc.soldadura/Welding process: GTAW	
Max.distance source side of object to film:	Posição/Position: 2G	Aceitável após reparação Acceptable after repair X
Temp.exposição/Exposure time:90s	Tipo chanfro/Groove: **V**	
Peliculas/Films: **AGFA D7**	Antes ou ApósTT/Before or After HT: After	Operador/Operator: PINHEIRO (L-2)
Nº filmes por cassete/Nº films per casssette:1		

NOTAÇÃO/Notation

Inclusões gasosas/Gaseouse inclusions	A	Defeitos na mudança de electrodo/ Defects on electrode changing	Be	De cratera/On cavities	Ec
Poros esfericos/Round porosity	Aa			Bordos queimados(mordeduras)/ Undercut	F
Poros vermiculares/Worm holes	Ab	Falta de fusão colagem/Lack of fusion	C		
Poros superficiais/Surface porosity	Ad	Falta de penetração/Lack of penetration	D	Inclusões do fluxo/Flux inclusions	G
Inclusões de escória/Slag inclusion	B	No fundo do chanfro/On root	Da	Inclusões de metais/Metal inclusions	H
Quaisquer/Random	Ba	Entre cordões/Between passes	Db	Inclusões de Oxidos/Oxide inclusions	J
Alinhadas/Aligned	Bb	Fendas ou fissuras/Cracks	E	Cratera/Shrinkage cavities	K
Alternadas/Alternate	Bc	Longitudinais/Longitudinal	Ea	Expulsão de metal/Metal expulsion	L
Defeitos de rebarbagem/Grinding defects	Bd	Transversais/Transverse	Eb	Inclusões de tungsténio/Tungsten	T

ARSOPI	**INSPECTOR**/INSPECTION	**CLIENTE**/CLIENT
Data/Date: 2014-04-16	Data/Date:	Data/Date:
Sign/Stamp:	Sign/Stamp:	Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

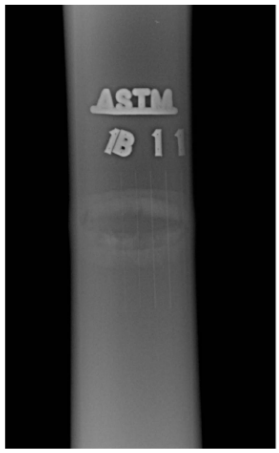
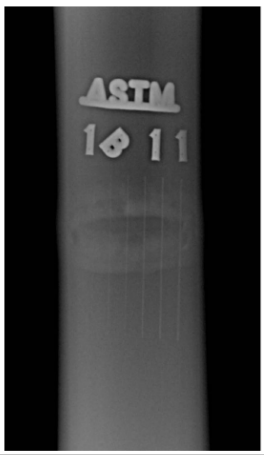
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T01**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

TUBE 1	
Position 1	**Position 2**
	
TUBE 2	
Position 1	**Position 2**
	

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T02_Before PWHT**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

Referências References			Interpretação Assessment	Decisão Decision		IQI Source side	Observações Remarks
Soldadura Weld	Radiografia Film	Soldador Welder		1ª Obs.	2ª Obs.	Fio visível Wire obs.	
T01_P1	1	W780		-			TUBE 1 (before H.T)
T01_P2	2	W780		-			TUBE 1 (before H.T)
T02_P1	1	W780		-			TUBE 2 (before H.T)
T02_P2	2	W780		-			TUBE 2 (beforeH.T)

Técnica Technique  ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )

Outra técnica/ Another technique ( )

Observação - Viewing: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

Tipo de exposição - Exposure type: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO DO CONTROLO Execution conditions

Aparelho/Equipment: ICM	**SOLDADURA**/Welding	**DECISÃO TOMADA**/Decision
Dimensão do foco/Focal spot size: 2,5x2,5	Materiais/Materials: SA335 P91 Ø48,3mm	Bom/Good -
Tensão/Voltage: 200Kv	**ER90S-B9 (weld material)**	Aceitável/Acceptable /
Intensidade/Amperage: 5mA	Esp.reforço soldadura/weld reinf.thickness: 2mm	A reparar/To repair +
Isotopo/Isotope:---- Dimensão/size:----	Espessura/Thickness: 5mm	Bom após reparação Good after repai =
Min.source-to-object distance: 700mm	Proc.soldadura/Welding process: GTAW	
Max.distance source side of object to film:	Posição/Position: 2G	Aceitável após reparação Acceptable after repair X
Temp.exposição/Exposure time:90s	Tipo chanfro/Groove: **V**	
Peliculas/Films: **AGFA D7**	Antes ou ApósTT/Before or After HT: After	Operador/Operator: PINHEIRO (L-2)
Nº filmes por cassete/Nº films per casssette:1		

NOTAÇÃO/Notation

Inclusões gasosas/Gaseouse inclusions	A	Defeitos na mudança de electrodo/ Defects on electrode changing	Be	De cratera/On cavities	Ec
Poros esfericos/Round porosity	Aa			Bordos queimados(mordeduras)/ Undercut	F
Poros vermiculares/Worm holes	Ab	Falta de fusão colagem/Lack of fusion	C		
Poros superficiais/Surface porosity	Ad	Falta de penetração/Lack of penetration	D	Inclusões do fluxo/Flux inclusions	G
Inclusões de escória/Slag inclusion	B	No fundo do chanfro/On root	Da	Inclusões de metais/Metal inclusions	H
Quaisquer/Random	Ba	Entre cordões/Between passes	Db	Inclusões de Oxidos/Oxide inclusions	J
Alinhadas/Aligned	Bb	Fendas ou fissuras/Cracks	E	Cratera/Shrinkage cavities	K
Alternadas/Alternate	Bc	Longitudinais/Longitudinal	Ea	Expulsão de metal/Metal expulsion	L
Defeitos de rebarbagem/Grinding defects	Bd	Transversais/Transverse	Eb	Inclusões de tungsténio/Tungsten	T

ARSOPI	**INSPECTOR**/INSPECTION	**CLIENTE**/CLIENT
Data/Date: 2014-11-04	Data/Date:	Data/Date:
Sign/Stamp:	Sign/Stamp:	Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

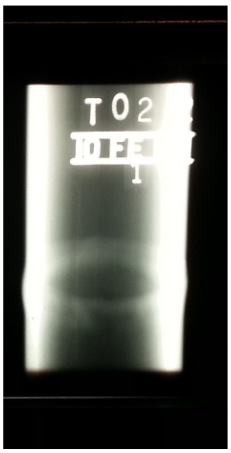
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T02_Before PWHT**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

TUBE 1	
Position 1	**Position 2**
	
TUBE 2	
Position 1	**Position 2**
	

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T02_After PWHT**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

Referências References			Interpretação Assessment	Decisão Decision		IQI Source side	Observações Remarks
Soldadura Weld	Radiografia Film	Soldador Welder		1ª Obs.	2ª Obs.	Fio visível Wire obs.	
T01_P1	1	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T01_P2	2	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T02_P1	1	W780		-			TUBE 2 (after H.T)
T02_P2	2	W780		-			TUBE 2 (afterH.T)

Técnica Technique ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )

Outra técnica/ Another technique ( )

Observação - Viewing: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

Tipo de exposição - Exposure type: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO DO CONTROLO Execution conditions

Aparelho/Equipment: ICM	**SOLDADURA**/Welding	**DECISÃO TOMADA**/Decision
Dimensão do foco/Focal spot size: 2,5x2,5	Materiais/Materials: SA335 P91 Ø48,3mm	Bom/Good -
Tensão/Voltage: 200Kv	**ER90S-B9 (weld material)**	Aceitável/Acceptable /
Intensidade/Amperage: 5mA	Esp.reforço soldadura/weld reinf.thickness: 2mm	A reparar/To repair +
Isotopo/Isotope:---- Dimensão/size:----	Espessura/Thickness: 5mm	Bom após reparação Good after repai =
Min.source-to-object distance: 700mm	Proc.soldadura/Welding process: GTAW	
Max.distance source side of object to film:	Posição/Position: 2G	Aceitável após reparação Acceptable after repair X
Temp.exposição/Exposure time:90s	Tipo chanfro/Groove: **V**	
Peliculas/Films: **AGFA D7**	Antes ou ApósTT/Before or After HT: After	Operador/Operator: PINHEIRO (L-2)
Nº filmes por cassete/Nº films per casssette:1		

NOTAÇÃO/Notation

Inclusões gasosas/Gaseouse inclusions	A	Defeitos na mudança de electrodo/ Defects on electrode changing	Be	De cratera/On cavities	Ec
Poros esfericos/Round porosity	Aa			Bordos queimados(mordeduras)/ Undercut	F
Poros vermiculares/Worm holes	Ab	Falta de fusão colagem/Lack of fusion	C		
Poros superficiais/Surface porosity	Ad	Falta de penetração/Lack of penetration	D	Inclusões do fluxo/Flux inclusions	G
Inclusões de escória/Slag inclusion	B	No fundo do chanfro/On root	Da	Inclusões de metais/Metal inclusions	H
Quaisquer/Random	Ba	Entre cordões/Between passes	Db	Inclusões de Oxidos/Oxide inclusions	J
Alinhadas/Aligned	Bb	Fendas ou fissuras/Cracks	E	Cratera/Shrinkage cavities	K
Alternadas/Alternate	Bc	Longitudinais/Longitudinal	Ea	Expulsão de metal/Metal expulsion	L
Defeitos de rebarbagem/Grinding defects	Bd	Transversais/Transverse	Eb	Inclusões de tungsténio/Tungsten	T

ARSOPI	**INSPECTOR**/INSPECTION	**CLIENTE**/CLIENT
Data/Date: 2014-11-18	Data/Date:	Data/Date:
Sign/Stamp:	Sign/Stamp:	Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

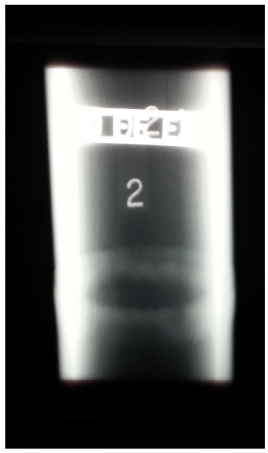
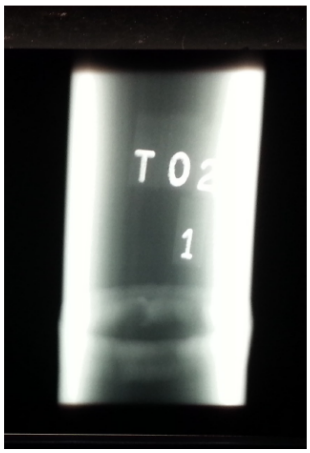
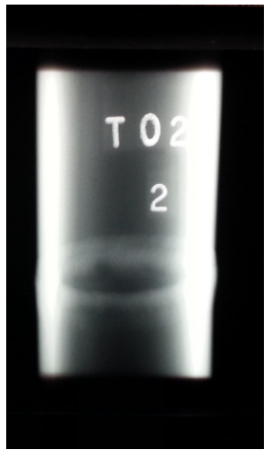
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T02_After PWHT**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

TUBE 1	
Position 1	**Position 2**
	
TUBE 2	
Position 1	**Position 2**
	

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T03_Before PWHT**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

Referências References			Interpretação Assessment	Decisão Decision		IQI Source side	Observações Remarks
Soldadura Weld	Radiografia Film	Soldador Welder		1ª Obs.	2ª Obs.	Fio visível Wire obs.	
T01_P1	1	W780		-			TUBE 1 (before H.T)
T01_P2	2	W780		-			TUBE 1 (beforeH.T)
T02_P1	1	W780		-			TUBE 2 (before H.T)
T02_P2	2	W780		-			TUBE 2 (before H.T)

Técnica Technique ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )

Outra técnica/ Another technique ( )

Observação - Viewing: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

Tipo de exposição - Exposure type: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO DO CONTROLO Execution conditions

Aparelho/Equipment: ICM	**SOLDADURA**/Welding	**DECISÃO TOMADA**/Decision
Dimensão do foco/Focal spot size: 2,5x2,5	Materiais/Materials: SA335 P91 Ø48,3mm	Bom/Good -
Tensão/Voltage: 200Kv	**ER90S-B9 (weld material)**	Aceitável/Acceptable /
Intensidade/Amperage: 5mA	Esp.reforço soldadura/weld reinf.thickness: 2mm	A reparar/To repair +
Isotopo/Isotope:---- Dimensão/size:----	Espessura/Thickness: 5mm	Bom após reparação Good after repai =
Min.source-to-object distance: 700mm	Proc.soldadura/Welding process: GTAW	
Max.distance source side of object to film:	Posição/Position: 2G	Aceitável após reparação Acceptable after repair X
Temp.exposição/Exposure time:90s	Tipo chanfro/Groove: **V**	
Peliculas/Films: **AGFA D7**	Antes ou ApósTT/Before or After HT: After	Operador/Operator: PINHEIRO (L-2)
Nº filmes por cassete/Nº films per casssette:1		

NOTAÇÃO/Notation

Inclusões gasosas/Gaseouse inclusions	A	Defeitos na mudança de electrodo/ Defects on electrode changing	Be	De cratera/On cavities	Ec
Poros esfericos/Round porosity	Aa			Bordos queimados(mordeduras)/ Undercut	F
Poros vermiculares/Worm holes	Ab	Falta de fusão colagem/Lack of fusion	C		
Poros superficiais/Surface porosity	Ad	Falta de penetração/Lack of penetration	D	Inclusões do fluxo/Flux inclusions	G
Inclusões de escória/Slag inclusion	B	No fundo do chanfro/On root	Da	Inclusões de metais/Metal inclusions	H
Quaisquer/Random	Ba	Entre cordões/Between passes	Db	Inclusões de Oxidos/Oxide inclusions	J
Alinhadas/Aligned	Bb	Fendas ou fissuras/Cracks	E	Cratera/Shrinkage cavities	K
Alternadas/Alternate	Bc	Longitudinais/Longitudinal	Ea	Expulsão de metal/Metal expulsion	L
Defeitos de rebarbagem/Grinding defects	Bd	Transversais/Transverse	Eb	Inclusões de tungsténio/Tungsten	T

ARSOPI	**INSPECTOR**/INSPECTION	**CLIENTE**/CLIENT
Data/Date: 2014-11-04	Data/Date:	Data/Date:
Sign/Stamp:	Sign/Stamp:	Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

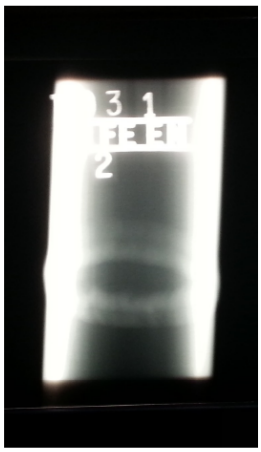
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T03_Before PWHT**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

TUBE 1	
Position 1	**Position 2**
	
TUBE 2	
Position 1	**Position 2**
	

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T03_After_PWHT**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

Referências References			Interpretação Assessment	Decisão Decision		IQI Source side	Observações Remarks
Soldadura Weld	Radiografia Film	Soldador Welder		1ª Obs.	2ª Obs.	Fio visível Wire obs.	
T01_P1	1	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T01_P2	2	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T02_P1	1	W780		-			TUBE 2 (after H.T)
T02_P2	2	W780		-			TUBE 2 (after H.T)

Técnica Technique  ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )

Outra técnica/ Another technique ( )

Observação - Viewing: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

Tipo de exposição - Exposure type: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO DO CONTROLO Execution conditions

Aparelho/Equipment: ICM	**SOLDADURA**/Welding	**DECISÃO TOMADA**/Decision
Dimensão do foco/Focal spot size: 2,5x2,5	Materiais/Materials: SA335 P91 Ø48,3mm	Bom/Good -
Tensão/Voltage: 200Kv	**ER90S-B9 (weld material)**	Aceitável/Acceptable /
Intensidade/Amperage: 5mA	Esp.reforço soldadura/weld reinf.thickness: 2mm	A reparar/To repair +
Isotopo/Isotope:---- Dimensão/size:----	Espessura/Thickness: 5mm	Bom após reparação Good after repai =
Min.source-to-object distance: 700mm	Proc.soldadura/Welding process: GTAW	
Max.distance source side of object to film:	Posição/Position: 2G	Aceitável após reparação Acceptable after repair X
Temp.exposição/Exposure time:90s	Tipo chanfro/Groove: **V**	
Peliculas/Films: **AGFA D7**	Antes ou ApósTT/Before or After HT: After	Operador/Operator: PINHEIRO (L-2)
Nº filmes por cassete/Nº films per casssette:1		

NOTAÇÃO/Notation

Inclusões gasosas/Gaseouse inclusions	A	Defeitos na mudança de electrodo/ Defects on electrode changing	Be	De cratera/On cavities	Ec
Poros esfericos/Round porosity	Aa			Bordos queimados(mordeduras)/ Undercut	F
Poros vermiculares/Worm holes	Ab	Falta de fusão colagem/Lack of fusion	C		
Poros superficiais/Surface porosity	Ad	Falta de penetração/Lack of penetration	D	Inclusões do fluxo/Flux inclusions	G
Inclusões de escória/Slag inclusion	B	No fundo do chanfro/On root	Da	Inclusões de metais/Metal inclusions	H
Quaisquer/Random	Ba	Entre cordões/Between passes	Db	Inclusões de Oxidos/Oxide inclusions	J
Alinhadas/Aligned	Bb	Fendas ou fissuras/Cracks	E	Cratera/Shrinkage cavities	K
Alternadas/Alternate	Bc	Longitudinais/Longitudinal	Ea	Expulsão de metal/Metal expulsion	L
Defeitos de rebarbagem/Grinding defects	Bd	Transversais/Transverse	Eb	Inclusões de tungsténio/Tungsten	T

ARSOPI	**INSPECTOR**/INSPECTION	**CLIENTE**/CLIENT
Data/Date: 2014-11-18	Data/Date:	Data/Date:
Sign/Stamp:	Sign/Stamp:	Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T03_After_PWHT**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

TUBE 1	
Position 1	**Position 2**
	
TUBE 2	
Position 1	**Position 2**
	

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T04**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

Referências References			Interpretação Assessment	Decisão Decision		IQI Source side	Observações Remarks
Soldadura Weld	Radiografia Film	Soldador Welder		1ª Obs.	2ª Obs.	Fio visível Wire obs.	
T01_P1	1	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T01_P2	2	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T02_P1	1	W780		-			TUBE 2 (after H.T)
T02_P2	2	W780		-			TUBE 2 (after H.T)

Técnica Technique  ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )

Outra técnica/ Another technique ( )

Observação - Viewing: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

Tipo de exposição - Exposure type: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO DO CONTROLO Execution conditions

Aparelho/Equipment: ICM	**SOLDADURA**/Welding	**DECISÃO TOMADA**/Decision
Dimensão do foco/Focal spot size: 2,5x2,5	Materiais/Materials: SA335 P91 Ø48,3mm	Bom/Good -
Tensão/Voltage: 200Kv	**ER90S-B9 (weld material)**	Aceitável/Acceptable /
Intensidade/Amperage: 5mA	Esp.reforço soldadura/weld reinf.thickness: 2mm	A reparar/To repair +
Isotopo/Isotope:---- Dimensão/size:----	Espessura/Thickness: 5mm	Bom após reparação Good after repai =
Min.source-to-object distance: 700mm	Proc.soldadura/Welding process: GTAW	
Max.distance source side of object to film:	Posição/Position: 2G	Aceitável após reparação Acceptable after repair X
Temp.exposição/Exposure time:90s	Tipo chanfro/Groove: **V**	
Peliculas/Films: **AGFA D7**	Antes ou ApósTT/Before or After HT: After	Operador/Operator: PINHEIRO (L-2)
Nº filmes por cassete/Nº films per casssette:1		

NOTAÇÃO/Notation

Inclusões gasosas/Gaseouse inclusions	A	Defeitos na mudança de electrodo/ Defects on electrode changing	Be	De cratera/On cavities	Ec
Poros esfericos/Round porosity	Aa			Bordos queimados(mordeduras)/ Undercut	F
Poros vermiculares/Worm holes	Ab	Falta de fusão colagem/Lack of fusion	C		
Poros superficiais/Surface porosity	Ad	Falta de penetração/Lack of penetration	D	Inclusões do fluxo/Flux inclusions	G
Inclusões de escória/Slag inclusion	B	No fundo do chanfro/On root	Da	Inclusões de metais/Metal inclusions	H
Quaisquer/Random	Ba	Entre cordões/Between passes	Db	Inclusões de Oxidos/Oxide inclusions	J
Alinhadas/Aligned	Bb	Fendas ou fissuras/Cracks	E	Cratera/Shrinkage cavities	K
Alternadas/Alternate	Bc	Longitudinais/Longitudinal	Ea	Expulsão de metal/Metal expulsion	L
Defeitos de rebarbagem/Grinding defects	Bd	Transversais/Transverse	Eb	Inclusões de tungsténio/Tungsten	T

ARSOPI	**INSPECTOR**/INSPECTION	**CLIENTE**/CLIENT
Data/Date: 2014-05-21	Data/Date:	Data/Date:
Sign/Stamp:	Sign/Stamp:	Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T04**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

TUBE 1	
Position 1	**Position 2**
	
TUBE 2	
Position 1	**Position 2**
	

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T05**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

Referências References			Interpretação Assessment	Decisão Decision		IQI Source side	Observações Remarks
Soldadura Weld	Radiografia Film	Soldador Welder		1ª Obs.	2ª Obs.	Fio visível Wire obs.	
T01_P1	1	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T01_P2	2	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T02_P1	1	W780		-			TUBE 2 (after H.T)
T02_P2	2	W780		-			TUBE 2 (after H.T)

Técnica Technique ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )

Outra técnica/ Another technique ( )

Observação - Viewing: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

Tipo de exposição - Exposure type: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO DO CONTROLO Execution conditions

Aparelho/Equipment: ICM	**SOLDADURA**/Welding	**DECISÃO TOMADA**/Decision
Dimensão do foco/Focal spot size: 2,5x2,5	Materiais/Materials: SA335 P91 Ø48,3mm	Bom/Good -
Tensão/Voltage: 200Kv	**ER90S-B9 (weld material)**	Aceitável/Acceptable /
Intensidade/Amperage: 5mA	Esp.reforço soldadura/weld reinf.thickness: 2mm	A reparar/To repair +
Isotopo/Isotope:---- Dimensão/size:---	Espessura/Thickness: 5mm	Bom após reparação Good after repai =
Min.source-to-object distance: 700mm	Proc.soldadura/Welding process: GTAW	
Max.distance source side of object to film:	Posição/Position: 2G	Aceitável após reparação Acceptable after repair X
Temp.exposição/Exposure time:90s	Tipo chanfro/Groove: **V**	
Peliculas/Films: **AGFA D7**	Antes ou ApósTT/Before or After HT: After	Operador/Operator: PINHEIRO (L-2)
Nº filmes por cassete/Nº films per casssette:1		

NOTAÇÃO/Notation

Inclusões gasosas/Gaseouse inclusions	A	Defeitos na mudança de electrodo/ Defects on electrode changing	Be	De cratera/On cavities	Ec
Poros esfericos/Round porosity	Aa			Bordos queimados(mordeduras)/ Undercut	F
Poros vermiculares/Worm holes	Ab	Falta de fusão colagem/Lack of fusion	C		
Poros superficiais/Surface porosity	Ad	Falta de penetração/Lack of penetration	D	Inclusões do fluxo/Flux inclusions	G
Inclusões de escória/Slag inclusion	B	No fundo do chanfro/On root	Da	Inclusões de metais/Metal inclusions	H
Quaisquer/Random	Ba	Entre cordões/Between passes	Db	Inclusões de Oxidos/Oxide inclusions	J
Alinhadas/Aligned	Bb	Fendas ou fissuras/Cracks	E	Cratera/Shrinkage cavities	K
Alternadas/Alternate	Bc	Longitudinais/Longitudinal	Ea	Expulsão de metal/Metal expulsion	L
Defeitos de rebarbagem/Grinding defects	Bd	Transversais/Transverse	Eb	Inclusões de tungsténio/Tungsten	T

ARSOPI	**INSPECTOR**/INSPECTION	**CLIENTE**/CLIENT
Data/Date: 2014-07-21	Data/Date:	Data/Date:
Sign/Stamp:	Sign/Stamp:	Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

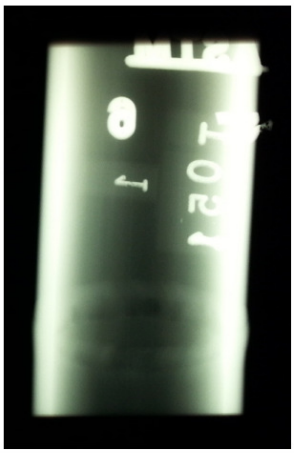
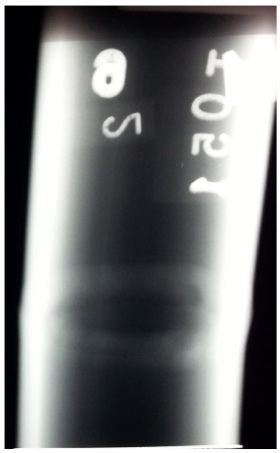
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T05**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

TUBE 1	
Position 1	**Position 2**
	
TUBE 2	
Position 1	**Position 2**
	

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T06**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

Referências References			Interpretação Assessment	Decisão Decision		IQI Source side	Observações Remarks
Soldadura Weld	Radiografia Film	Soldador Welder		1ª Obs.	2ª Obs.	Fio visível Wire obs.	
T01_P1	1	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T01_P2	2	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T02_P1	1	W780		-			TUBE 2 (after H.T)
T02_P2	2	W780		-			TUBE 2 (after H.T)

Técnica Technique  ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )

Outra técnica/ Another technique ( )

Observação - Viewing: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

Tipo de exposição - Exposure type: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO DO CONTROLO Execution conditions

Aparelho/Equipment: ICM	**SOLDADURA**/Welding	**DECISÃO TOMADA**/Decision
Dimensão do foco/Focal spot size: 2,5x2,5	Materiais/Materials: SA335 P91 Ø48,3mm	Bom/Good -
Tensão/Voltage: 200Kv	**ER90S-B9 (weld material)**	Aceitável/Acceptable /
Intensidade/Amperage: 5mA	Esp.reforço soldadura/weld reinf.thickness: 2mm	A reparar/To repair +
Isotopo/Isotope:---- Dimensão/size:----	Espessura/Thickness: 5mm	Bom após reparação Good after repai =
Min.source-to-object distance: 700mm	Proc.soldadura/Welding process: GTAW	
Max.distance source side of object to film:	Posição/Position: 2G	Aceitável após reparação Acceptable after repair X
Temp.exposição/Exposure time:90s	Tipo chanfro/Groove: **V**	
Peliculas/Films: **AGFA D7**	Antes ou ApósTT/Before or After HT: After	Operador/Operator: PINHEIRO (L-2)
Nº filmes por cassete/Nº films per casssette:1		

NOTAÇÃO/Notation

Inclusões gasosas/Gaseouse inclusions	A	Defeitos na mudança de electrodo/ Defects on electrode changing	Be	De cratera/On cavities	Ec
Poros esfericos/Round porosity	Aa			Bordos queimados(mordeduras)/ Undercut	F
Poros vermiculares/Worm holes	Ab	Falta de fusão colagem/Lack of fusion	C		
Poros superficiais/Surface porosity	Ad	Falta de penetração/Lack of penetration	D	Inclusões do fluxo/Flux inclusions	G
Inclusões de escória/Slag inclusion	B	No fundo do chanfro/On root	Da	Inclusões de metais/Metal inclusions	H
Quaisquer/Random	Ba	Entre cordões/Between passes	Db	Inclusões de Oxidos/Oxide inclusions	J
Alinhadas/Aligned	Bb	Fendas ou fissuras/Cracks	E	Cratera/Shrinkage cavities	K
Alternadas/Alternate	Bc	Longitudinais/Longitudinal	Ea	Expulsão de metal/Metal expulsion	L
Defeitos de rebarbagem/Grinding defects	Bd	Transversais/Transverse	Eb	Inclusões de tungsténio/Tungsten	T

ARSOPI	**INSPECTOR**/INSPECTION	**CLIENTE**/CLIENT
Data/Date: 2014-07-29	Data/Date:	Data/Date:
Sign/Stamp:	Sign/Stamp:	Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T06**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

TUBE 1	
Position 1	**Position 2**
	
TUBE 2	
Position 1	**Position 2**
	

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T07**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

Referências References			Interpretação Assessment	Decisão Decision		IQI Source side	Observações Remarks
Soldadura Weld	Radiografia Film	Soldador Welder		1ª Obs.	2ª Obs.	Fio visível Wire obs.	
T01_P1	1	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T01_P2	2	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T02_P1	1	W780		-			TUBE 2 (after H.T)
T02_P2	2	W780		-			TUBE 2 (after H.T)

Técnica Technique  ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )

Outra técnica/ Another technique ( )

Observação - Viewing: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

Tipo de exposição - Exposure type: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO DO CONTROLO Execution conditions

Aparelho/Equipment: ICM	**SOLDADURA**/Welding	**DECISÃO TOMADA**/Decision
Dimensão do foco/Focal spot size: 2,5x2,5	Materiais/Materials: SA335 P91 Ø48,3mm	Bom/Good -
Tensão/Voltage: 200Kv	**ER90S-B9 (weld material)**	Aceitável/Acceptable /
Intensidade/Amperage: 5mA	Esp.reforço soldadura/weld reinf.thickness: 2mm	A reparar/To repair +
Isotopo/Isotope:---- Dimensão/size:----	Espessura/Thickness: 5mm	Bom após reparação Good after repai =
Min.source-to-object distance: 700mm	Proc.soldadura/Welding process: GTAW	
Max.distance source side of object to film:	Posição/Position: 2G	Aceitável após reparação Acceptable after repair X
Temp.exposição/Exposure time:90s	Tipo chanfro/Groove: **V**	
Peliculas/Films: **AGFA D7**	Antes ou ApósTT/Before or After HT: After	Operador/Operator: PINHEIRO (L-2)
Nº filmes por cassete/Nº films per casssette:1		

NOTAÇÃO/Notation

Inclusões gasosas/Gaseouse inclusions	A	Defeitos na mudança de electrodo/ Defects on electrode changing	Be	De cratera/On cavities	Ec
Poros esfericos/Round porosity	Aa			Bordos queimados(mordeduras)/ Undercut	F
Poros vermiculares/Worm holes	Ab	Falta de fusão colagem/Lack of fusion	C		
Poros superficiais/Surface porosity	Ad	Falta de penetração/Lack of penetration	D	Inclusões do fluxo/Flux inclusions	G
Inclusões de escória/Slag inclusion	B	No fundo do chanfro/On root	Da	Inclusões de metais/Metal inclusions	H
Quaisquer/Random	Ba	Entre cordões/Between passes	Db	Inclusões de Oxidos/Oxide inclusions	J
Alinhadas/Aligned	Bb	Fendas ou fissuras/Cracks	E	Cratera/Shrinkage cavities	K
Alternadas/Alternate	Bc	Longitudinais/Longitudinal	Ea	Expulsão de metal/Metal expulsion	L
Defeitos de rebarbagem/Grinding defects	Bd	Transversais/Transverse	Eb	Inclusões de tungsténio/Tungsten	T

ARSOPI	**INSPECTOR**/INSPECTION	**CLIENTE**/CLIENT
Data/Date: 2014-08-07	Data/Date:	Data/Date:
Sign/Stamp:	Sign/Stamp:	Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

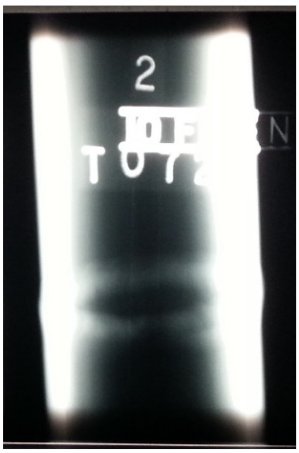
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T07**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

TUBE 1	
Position 1	**Position 2**
	
TUBE 2	
Position 1	**Position 2**
	

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T08**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

Referências References			Interpretação Assessment	Decisão Decision		IQI Source side	Observações Remarks
Soldadura Weld	Radiografia Film	Soldador Welder		1ª Obs.	2ª Obs.	Fio visível Wire obs.	
T01_P1	1	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T01_P2	2	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T02_P1	1	W780		-			TUBE 2 (after H.T)
T02_P2	2	W780		-			TUBE 2 (after H.T)

Técnica Technique ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )

Outra técnica/ Another technique ( )

Observação - Viewing: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

Tipo de exposição - Exposure type: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO DO CONTROLO Execution conditions

Aparelho/Equipment: ICM	**SOLDADURA**/Welding	**DECISÃO TOMADA**/Decision
Dimensão do foco/Focal spot size: 2,5x2,5	Materiais/Materials: SA335 P91 Ø48,3mm	Bom/Good -
Tensão/Voltage: 200Kv	**ER90S-B9 (weld material)**	Aceitável/Acceptable /
Intensidade/Amperage: 5mA	Esp.reforço soldadura/weld reinf.thickness: 2mm	A reparar/To repair +
Isotopo/Isotope:---- Dimensão/size:----	Espessura/Thickness: 5mm	Bom após reparação Good after repai =
Min.source-to-object distance: 700mm	Proc.soldadura/Welding process: GTAW	
Max.distance source side of object to film:	Posição/Position: 2G	Aceitável após reparação Acceptable after repair X
Temp.exposição/Exposure time:90s	Tipo chanfro/Groove: **V**	
Peliculas/Films: **AGFA D7**	Antes ou ApósTT/Before or After HT: After	Operador/Operator: PINHEIRO (L-2)
Nº filmes por cassete/Nº films per casssette:1		

NOTAÇÃO/Notation

Inclusões gasosas/Gaseouse inclusions	A	Defeitos na mudança de electrodo/ Defects on electrode changing	Be	De cratera/On cavities	Ec
Poros esfericos/Round porosity	Aa			Bordos queimados(mordeduras)/ Undercut	F
Poros vermiculares/Worm holes	Ab	Falta de fusão colagem/Lack of fusion	C		
Poros superficiais/Surface porosity	Ad	Falta de penetração/Lack of penetration	D	Inclusões do fluxo/Flux inclusions	G
Inclusões de escória/Slag inclusion	B	No fundo do chanfro/On root	Da	Inclusões de metais/Metal inclusions	H
Quaisquer/Random	Ba	Entre cordões/Between passes	Db	Inclusões de Oxidos/Oxide inclusions	J
Alinhadas/Aligned	Bb	Fendas ou fissuras/Cracks	E	Cratera/Shrinkage cavities	K
Alternadas/Alternate	Bc	Longitudinais/Longitudinal	Ea	Expulsão de metal/Metal expulsion	L
Defeitos de rebarbagem/Grinding defects	Bd	Transversais/Transverse	Eb	Inclusões de tungsténio/Tungsten	T

ARSOPI	**INSPECTOR**/INSPECTION	**CLIENTE**/CLIENT
Data/Date: 2014-09-19	Data/Date:	Data/Date:
Sign/Stamp:	Sign/Stamp:	Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

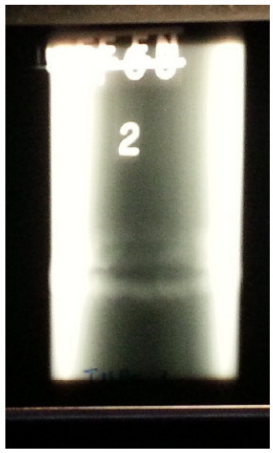
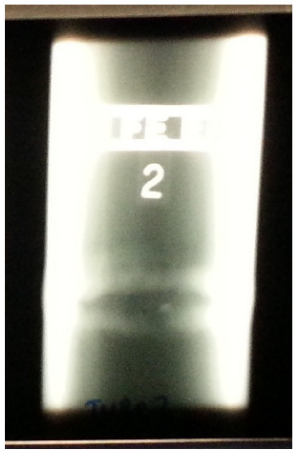
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T08**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

TUBE 1	
Position 1	**Position 2**
	
TUBE 2	
Position 1	**Position 2**
	

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T09**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

Referências References			Interpretação Assessment	Decisão Decision		IQI Source side	Observações Remarks
Soldadura Weld	Radiografia Film	Soldador Welder		1ª Obs.	2ª Obs.	Fio visível Wire obs.	
T01_P1	1	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T01_P2	2	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T02_P1	1	W780		-			TUBE 2 (after H.T)
T02_P2	2	W780		-			TUBE 2 (after H.T)

Técnica Technique ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )

Outra técnica/ Another technique ( )

Observação - Viewing: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

Tipo de exposição - Exposure type: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO DO CONTROLO Execution conditions

Aparelho/Equipment: ICM	**SOLDADURA**/Welding	**DECISÃO TOMADA**/Decision
Dimensão do foco/Focal spot size: 2,5x2,5	Materiais/Materials: SA335 P91 Ø48,3mm	Bom/Good -
Tensão/Voltage: 200Kv	**ER90S-B9 (weld material)**	Aceitável/Acceptable /
Intensidade/Amperage: 5mA	Esp.reforço soldadura/weld reinf.thickness: 2mm	A reparar/To repair +
Isotopo/Isotope:---- Dimensão/size:----	Espessura/Thickness: 5mm	Bom após reparação Good after repai =
Min.source-to-object distance: 700mm	Proc.soldadura/Welding process: GTAW	
Max.distance source side of object to film:	Posição/Position: 2G	Aceitável após reparação Acceptable after repair X
Temp.exposição/Exposure time:90s	Tipo chanfro/Groove: **V**	
Peliculas/Films: **AGFA D7**	Antes ou ApósTT/Before or After HT: After	Operador/Operator: PINHEIRO (L-2)
Nº filmes por cassete/Nº films per casssette:1		

NOTAÇÃO/Notation

Inclusões gasosas/Gaseouse inclusions	A	Defeitos na mudança de electrodo/ Defects on electrode changing	Be	De cratera/On cavities	Ec
Poros esfericos/Round porosity	Aa			Bordos queimados(mordeduras)/ Undercut	F
Poros vermiculares/Worm holes	Ab	Falta de fusão colagem/Lack of fusion	C		
Poros superficiais/Surface porosity	Ad	Falta de penetração/Lack of penetration	D	Inclusões do fluxo/Flux inclusions	G
Inclusões de escória/Slag inclusion	B	No fundo do chanfro/On root	Da	Inclusões de metais/Metal inclusions	H
Quaisquer/Random	Ba	Entre cordões/Between passes	Db	Inclusões de Oxidos/Oxide inclusions	J
Alinhadas/Aligned	Bb	Fendas ou fissuras/Cracks	E	Cratera/Shrinkage cavities	K
Alternadas/Alternate	Bc	Longitudinais/Longitudinal	Ea	Expulsão de metal/Metal expulsion	L
Defeitos de rebarbagem/Grinding defects	Bd	Transversais/Transverse	Eb	Inclusões de tungsténio/Tungsten	T

ARSOPI	**INSPECTOR**/INSPECTION	**CLIENTE**/CLIENT
Data/Date: 2014-10-15	Data/Date:	Data/Date:
Sign/Stamp:	Sign/Stamp:	Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

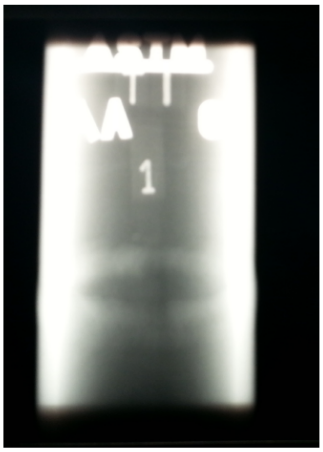
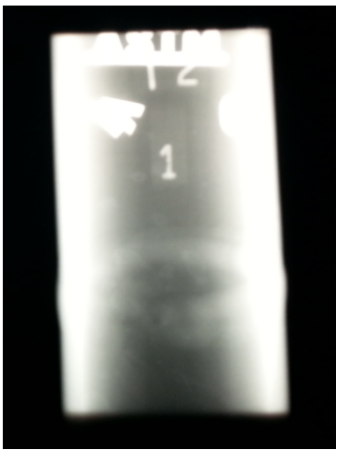
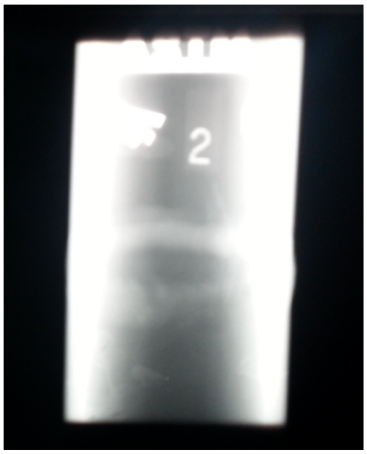
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T09**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

TUBE 1	
Position 1	**Position 2**
	
TUBE 2	
Position 1	**Position 2**
	

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T10**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

Referências References			Interpretação Assessment	Decisão Decision		IQI Source side	Observações Remarks
Soldadura Weld	Radiografia Film	Soldador Welder		1ª Obs.	2ª Obs.	Fio visível Wire obs.	
T01_P1	1	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T01_P2	2	W780		-			TUBE 1 (after H.T)
T02_P1	1	W780		-			TUBE 2 (after H.T)
T02_P2	2	W780		-			TUBE 2 (after H.T)

Técnica Technique ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( ) ( )

Outra técnica/ Another technique ( )

Observação - Viewing: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

Tipo de exposição - Exposure type: Parede simples Single wall ( ) / Dupla parede Double wall ( )

CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO DO CONTROLO Execution conditions

Aparelho/Equipment: ICM	**SOLDADURA**/Welding	**DECISÃO TOMADA**/Decision
Dimensão do foco/Focal spot size: 2,5x2,5	Materiais/Materials: SA335 P91 Ø48,3mm	Bom/Good -
Tensão/Voltage: 200Kv	**ER90S-B9 (weld material)**	Aceitável/Acceptable /
Intensidade/Amperage: 5mA	Esp.reforço soldadura/weld reinf.thickness: 2mm	A reparar/To repair +
Isotopo/Isotope:---- Dimensão/size:----	Espessura/Thickness: 5mm	Bom após reparação Good after repai =
Min.source-to-object distance: 700mm	Proc.soldadura/Welding process: GTAW	
Max.distance source side of object to film:	Posição/Position: 2G	Aceitável após reparação Acceptable after repair X
Temp.exposição/Exposure time:90s	Tipo chanfro/Groove: **V**	
Peliculas/Films: **AGFA D7**	Antes ou ApósTT/Before or After HT: After	Operador/Operator: PINHEIRO (L-2)
Nº filmes por cassete/Nº films per casssette:1		

NOTAÇÃO/Notation

Inclusões gasosas/Gaseouse inclusions	A	Defeitos na mudança de electrodo/ Defects on electrode changing	Be	De cratera/On cavities	Ec
Poros esfericos/Round porosity	Aa			Bordos queimados(mordeduras)/ Undercut	F
Poros vermiculares/Worm holes	Ab	Falta de fusão colagem/Lack of fusion	C		
Poros superficiais/Surface porosity	Ad	Falta de penetração/Lack of penetration	D	Inclusões do fluxo/Flux inclusions	G
Inclusões de escória/Slag inclusion	B	No fundo do chanfro/On root	Da	Inclusões de metais/Metal inclusions	H
Quaisquer/Random	Ba	Entre cordões/Between passes	Db	Inclusões de Oxidos/Oxide inclusions	J
Alinhadas/Aligned	Bb	Fendas ou fissuras/Cracks	E	Cratera/Shrinkage cavities	K
Alternadas/Alternate	Bc	Longitudinais/Longitudinal	Ea	Expulsão de metal/Metal expulsion	L
Defeitos de rebarbagem/Grinding defects	Bd	Transversais/Transverse	Eb	Inclusões de tungsténio/Tungsten	T

ARSOPI	**INSPECTOR**/INSPECTION	**CLIENTE**/CLIENT
Data/Date: 2014-11-04	Data/Date:	Data/Date:
Sign/Stamp:	Sign/Stamp:	Sign/Stamp:

ARSOPI S.A.

CONTROLO RADIOGRÁFICO
X – RAY REPORT

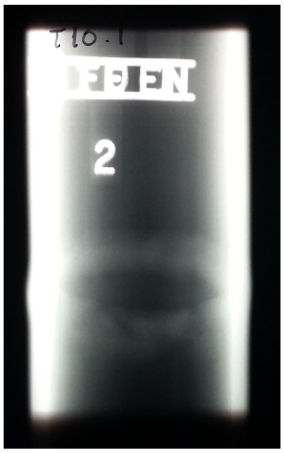
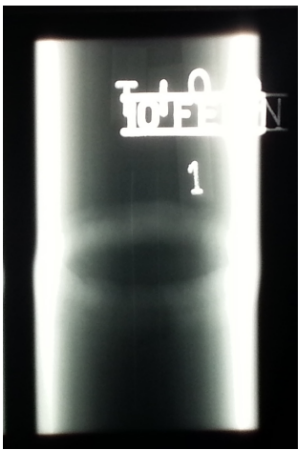
Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção/Address: P.O. Box 10 3730-954 Vale de Cambra Codex Portugal

Cliente/Client : **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda**/ Purchase Order: --------

Código/Code: ASME V/ASMEVIII,Div1/Pop.QU0202 **ITEM Nº: T_APP_T10**

Desenho/Drawing: -------- **O.F.** 143489

TUBE 1	
Position 1	**Position 2**
	
TUBE 2	
Position 1	**Position 2**
	

ANEXO XXIV

Relatórios de medição de dureza à superfície dos testes com equipamento portátil MIC10: P_APP_T00 – P_APP_T10

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: **-----**

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T00**

Desenho- Drwg: **-----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE MEDIÇÃO DE DUREZAS
HARDNESS TEST REPORT

Durezas Vickers medidas nas soldaduras completas com durómetro portátil:
Vickers Hardness measured on completed welds with portable hardness tester: **Krautkrämer MIC 10**

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0501. **Sonda:** **Bloco de calibração:**
Test carried out according Pop.QU0501. Probe: **MIC 205A** Calibration Block: **MIC 2 V050**

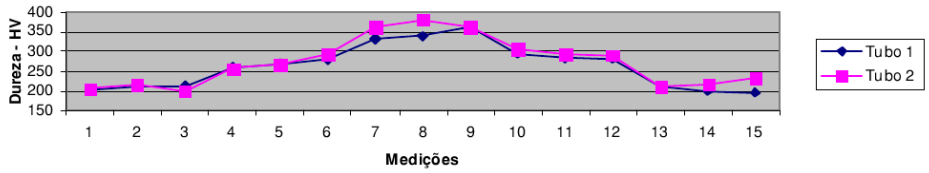
Especificação de material: SA 213 T91 (Base material)
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material)

Estado da superfície:
Surface condition: **Localized Smooth Polished**

Estado deTratamento Térmico Após Soldadura / PWHT : **TT Eliminação de tensões** / **Stress Relieving**

Posição Position	**DUREZA VICKERS** Hardness Value Vickers																			
	Metal Base Base Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal de soldadura** Weld Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal Base** Base Metal			
	1	**2**	**3**	**Av.**	**4**	**5**	**6**	**Av.**	**7**	**8**	**9**	**Av.**	**10**	**11**	**12**	**Av.**	**13**	**14**	**15**	**Av.**
Tubo 1	203	210	211	208	260	269	280	270	332	339	362	344	295	284	282	287	209	200	196	202
Tubo 2	205	214	200	206	257	266	292	272	361	381	361	368	307	292	291	297	211	217	232	220

Gráfico de Dureza



Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 26th May 2014. Operator:

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-05-26	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: **-----**

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T01**

Desenho- Drwg: **-----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE MEDIÇÃO DE DUREZAS
HARDNESS TEST REPORT

Durezas Vickers medidas nas soldaduras completas com durómetro portátil:
Vickers Hardness measured on completed welds with portable hardness tester: **Krautkrämer MIC 10**

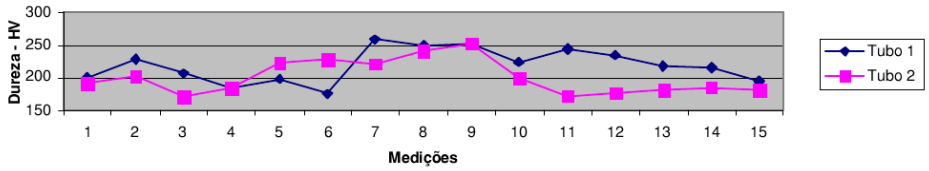
Teste efectuado de acordo com Pop.QU0501. **Sonda:**
Test carried out according Pop.QU0501. Probe: **MIC 205A** **Bloco de calibração:** Calibration Block: **MIC 2 V050**

Especificação de material: SA 213 T91 (Base material)
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) **Estado da superfície:** Surface condition: **Localized Smooth Polished**

Estado deTratamento Térmico Após Soldadura / PWHT : **TT Eliminação de tensões** / **Stress Relieving**

Posição Position	**DUREZA VICKERS** Hardness Value Vickers																			
	Metal Base Base Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal de soldadura** Weld Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal Base** Base Metal			
	1	**2**	**3**	**Av.**	**4**	**5**	**6**	**Av.**	**7**	**8**	**9**	**Av.**	**10**	**11**	**12**	**Av.**	**13**	**14**	**15**	**Av.**
Tubo 1	200	228	206	211	183	198	175	185	258	249	252	253	224	244	234	234	218	214	194	209
Tubo 2	191	201	170	187	183	223	227	211	221	240	252	238	199	172	177	163	181	185	181	182

Gráfico de Dureza



Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 16th April 2014. Operator:

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-04-16	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: **-----**

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T02 (Before PWHT)**

Desenho- Drwg: **-----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE MEDIÇÃO DE DUREZAS
HARDNESS TEST REPORT

Durezas Vickers medidas nas soldaduras completas com durómetro portátil:
Vickers Hardness measured on completed welds with portable hardness tester: **Krautkrämer MIC 10**

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0501. **Sonda:** **Bloco de calibração:**
Test carried out according Pop.QU0501. Probe: **MIC 205A** Calibration Block: **MIC 2 V050**

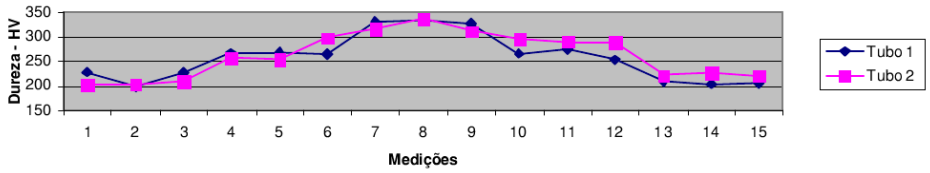
Especificação de material: SA 213 T91 (Base material)
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material)

Estado da superfície:
Surface condition: **Localized Smooth Polished**

Estado deTratamento Térmico Após Soldadura / PWHT : **----------**

Posição Position	**DUREZA VICKERS** Hardness Value Vickers																			
	Metal Base Base Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal de soldadura** Weld Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal Base** Base Metal			
	1	**2**	**3**	**Av.**	**4**	**5**	**6**	**Av.**	**7**	**8**	**9**	**Av.**	**10**	**11**	**12**	**Av.**	**13**	**14**	**15**	**Av.**
Tubo 1	228	200	227	218	267	268	265	267	331	335	326	331	266	275	253	265	208	204	205	206
Tubo 2	203	204	208	205	258	254	298	270	317	338	312	322	295	290	288	291	222	226	211	220

Gráfico de Dureza



Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 6th November 2014. Operator:

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-11-06	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: **-----**

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T02 (After PWHT)**

Desenho- Drwg: **-----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE MEDIÇÃO DE DUREZAS
HARDNESS TEST REPORT

Durezas Vickers medidas nas soldaduras completas com durómetro portátil:
Vickers Hardness measured on completed welds with portable hardness tester: **Krautkrämer MIC 10**

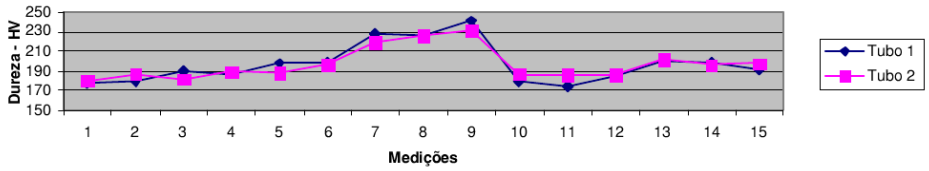
Teste efectuado de acordo com Pop.QU0501. **Sonda:** **Bloco de calibração:**
Test carried out according Pop.QU0501. Probe: **MIC 205A** Calibration Block: **MIC 2 V050**

Especificação de material: SA 213 T91 (Base material) **Estado da superfície:**
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: **Localized Smooth Polished**

Estado deTratamento Térmico Após Soldadura / PWHT : **TT Eliminação de tensões** / **Stress Relieving**

Posição Position	**DUREZA VICKERS** Hardness Value Vickers																			
	Metal Base Base Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal de soldadura** Weld Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal Base** Base Metal			
	1	**2**	**3**	**Av.**	**4**	**5**	**6**	**Av.**	**7**	**8**	**9**	**Av.**	**10**	**11**	**12**	**Av.**	**13**	**14**	**15**	**Av.**
Tubo 1	177	179	190	182	187	198	199	195	228	227	241	232	179	174	185	179	201	199	191	197
Tubo 2	180	187	182	183	189	188	197	191	219	226	231	225	187	186	186	186	202	196	198	199

Gráfico de Dureza



Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 18th November 2014. Operator:

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-11-18	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: **-----**

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T03 (Before PWHT)**

Desenho- Drwg: **-----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE MEDIÇÃO DE DUREZAS
HARDNESS TEST REPORT

Durezas Vickers medidas nas soldaduras completas com durómetro portátil:
Vickers Hardness measured on completed welds with portable hardness tester: **Krautkrämer MIC 10**

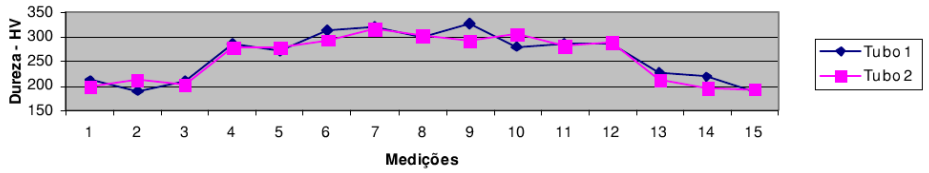
Teste efectuado de acordo com Pop.QU0501. **Sonda:** **Bloco de calibração:**
Test carried out according Pop.QU0501. Probe: **MIC 205A** Calibration Block: **MIC 2 V050**

Especificação de material: SA 213 T91 (Base material) **Estado da superfície:**
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: **Localized Smooth Polished**

Estado deTratamento Térmico Após Soldadura / PWHT : **----------**

Posição Position	**DUREZA VICKERS** Hardness Value Vickers																			
	Metal Base Base Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal de soldadura** Weld Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal Base** Base Metal			
	1	**2**	**3**	**Av.**	**4**	**5**	**6**	**Av.**	**7**	**8**	**9**	**Av.**	**10**	**11**	**12**	**Av.**	**13**	**14**	**15**	**Av.**
Tubo 1	211	190	210	204	286	272	313	290	321	300	327	316	280	285	284	283	228	218	190	212
Tubo 2	198	213	201	204	278	279	294	284	316	303	292	304	307	282	289	293	212	195	193	200

Gráfico de Dureza



Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 6th November 2014. Operator:

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-11-06	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: **-----**

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T03 (After PWHT)**

Desenho- Drwg: **-----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE MEDIÇÃO DE DUREZAS
HARDNESS TEST REPORT

Durezas Vickers medidas nas soldaduras completas com durómetro portátil:
Vickers Hardness measured on completed welds with portable hardness tester: **Krautkrämer MIC 10**

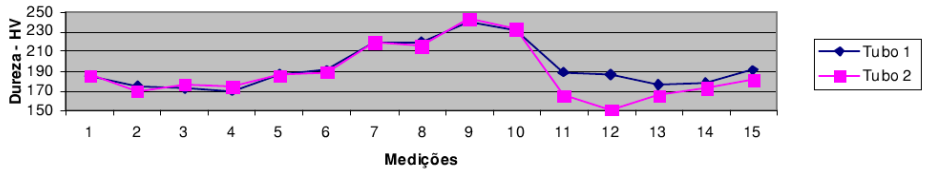
Teste efectuado de acordo com Pop.QU0501. **Sonda:** **Bloco de calibração:**
Test carried out according Pop.QU0501. Probe: **MIC 205A** Calibration Block: **MIC 2 V050**

Especificação de material: SA 213 T91 (Base material) **Estado da superfície:**
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: **Localized Smooth Polished**

Estado deTratamento Térmico Após Soldadura / PWHT : **TT Eliminação de tensões** / **Stress Relieving**

Posição Position	**DUREZA VICKERS** Hardness Value Vickers																			
	Metal Base Base Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal de soldadura** Weld Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal Base** Base Metal			
	1	**2**	**3**	**Av.**	**4**	**5**	**6**	**Av.**	**7**	**8**	**9**	**Av.**	**10**	**11**	**12**	**Av.**	**13**	**14**	**15**	**Av.**
Tubo 1	185	175	173	178	170	187	191	183	220	220	241	227	231	189	187	202	176	178	191	182
Tubo 2	186	170	177	178	174	186	189	183	219	216	244	226	233	165	151	183	165	173	181	173

Gráfico de Dureza



Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 18th November 2014. Operator:

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-11-18	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: **-----**

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T04**

Desenho- Drwg: **-----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE MEDIÇÃO DE DUREZAS
HARDNESS TEST REPORT

Durezas Vickers medidas nas soldaduras completas com durómetro portátil:
Vickers Hardness measured on completed welds with portable hardness tester: **Krautkrämer MIC 10**

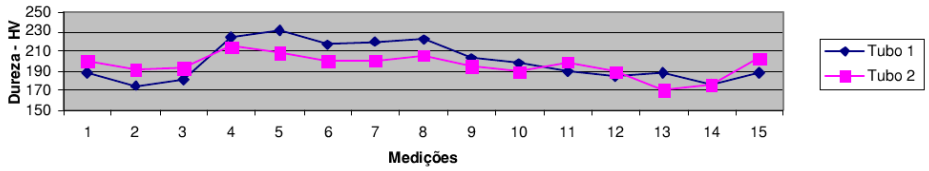
Teste efectuado de acordo com Pop.QU0501. **Sonda:**
Test carried out according Pop.QU0501. Probe: **MIC 205A** **Bloco de calibração:** Calibration Block: **MIC 2 V050**

Especificação de material: SA 213 T91 (Base material)
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) **Estado da superfície:** Surface condition: **Localized Smooth Polished**

Estado deTratamento Térmico Após Soldadura / PWHT : **TT Eliminação de tensões** / **Stress Relieving**

Posição Position	**DUREZA VICKERS** Hardness Value Vickers																			
	Metal Base Base Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal de soldadura** Weld Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal Base** Base Metal			
	1	**2**	**3**	**Av.**	**4**	**5**	**6**	**Av.**	**7**	**8**	**9**	**Av.**	**10**	**11**	**12**	**Av.**	**13**	**14**	**15**	**Av.**
Tubo 1	188	175	181	181	225	231	217	224	220	222	203	215	198	189	185	191	188	176	188	184
Tubo 2	200	191	193	195	215	209	200	208	201	206	195	201	189	199	189	192	171	176	203	183

Gráfico de Dureza



Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 21st May 2014. Operator:

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-05-21	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: **-----**

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T05**

Desenho- Drwg: **-----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE MEDIÇÃO DE DUREZAS
HARDNESS TEST REPORT

Durezas Vickers medidas nas soldaduras completas com durómetro portátil:
Vickers Hardness measured on completed welds with portable hardness tester: **Krautkrämer MIC 10**

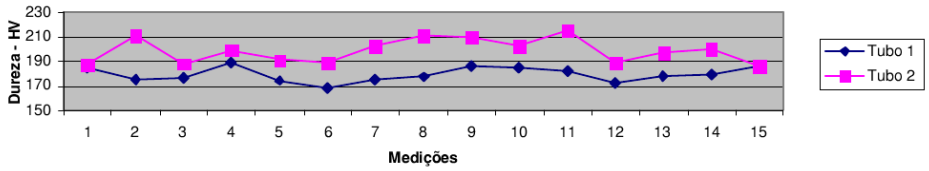
Teste efectuado de acordo com Pop.QU0501. **Sonda:** **Bloco de calibração:**
Test carried out according Pop.QU0501. Probe: **MIC 205A** Calibration Block: **MIC 2 V050**

Especificação de material: SA 335 P91 (Base material) **Estado da superfície:**
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: **Localized Smooth Polished**

Estado deTratamento Térmico Após Soldadura / PWHT : **TT Eliminação de tensões** / **Stress Relieving**

Posição Position	**DUREZA VICKERS** Hardness Value Vickers																			
	Metal Base Base Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal de soldadura** Weld Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal Base** Base Metal			
	1	**2**	**3**	**Av.**	**4**	**5**	**6**	**Av.**	**7**	**8**	**9**	**Av.**	**10**	**11**	**12**	**Av.**	**13**	**14**	**15**	**Av.**
Tubo 1	185	175	176	179	189	174	168	177	175	177	186	179	185	182	172	180	178	179	186	181
Tubo 2	187	211	188	195	199	191	189	193	203	211	210	208	203	215	189	202	197	200	186	194

Gráfico de Dureza



Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 21st July 2014. Operator:

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-07-21	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: **-----**

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T06**

Desenho- Drwg: **-----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE MEDIÇÃO DE DUREZAS
HARDNESS TEST REPORT

Durezas Vickers medidas nas soldaduras completas com durómetro portátil:
Vickers Hardness measured on completed welds with portable hardness tester: **Krautkrämer MIC 10**

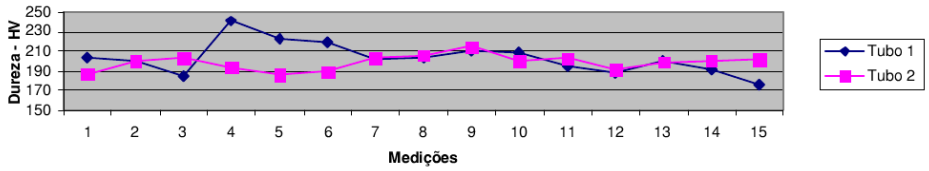
Teste efectuado de acordo com Pop.QU0501. **Sonda:**
Test carried out according Pop.QU0501. Probe: **MIC 205A** **Bloco de calibração:** Calibration Block: **MIC 2 V050**

Especificação de material: SA 335 P91 (Base material)
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) **Estado da superfície:** Surface condition: **Localized Smooth Polished**

Estado deTratamento Térmico Após Soldadura / PWHT : **TT Eliminação de tensões** / **Stress Relieving**

Posição Position	**DUREZA VICKERS** Hardness Value Vickers																			
	Metal Base Base Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal de soldadura** Weld Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal Base** Base Metal			
	1	**2**	**3**	**Av.**	**4**	**5**	**6**	**Av.**	**7**	**8**	**9**	**Av.**	**10**	**11**	**12**	**Av.**	**13**	**14**	**15**	**Av.**
Tubo 1	204	201	185	197	241	223	219	228	202	203	210	205	209	195	188	197	200	192	176	189
Tubo 2	187	200	204	197	194	186	189	190	204	206	215	208	200	203	191	198	199	201	202	201

Gráfico de Dureza



Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 29th July 2014. Operator:

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-07-29	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: **-----**

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T07**

Desenho- Drwg: **-----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE MEDIÇÃO DE DUREZAS
HARDNESS TEST REPORT

Durezas Vickers medidas nas soldaduras completas com durómetro portátil:
Vickers Hardness measured on completed welds with portable hardness tester: **Krautkrämer MIC 10**

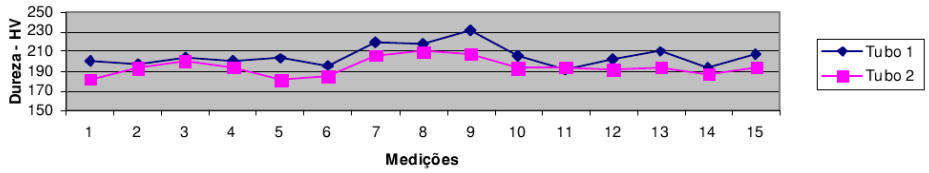
Teste efectuado de acordo com Pop.QU0501. **Sonda:**
Test carried out according Pop.QU0501. Probe: **MIC 205A** **Bloco de calibração:** Calibration Block: **MIC 2 V050**

Especificação de material: SA 335 P91 (Base material)
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) **Estado da superfície:** Surface condition: **Localized Smooth Polished**

Estado deTratamento Térmico Após Soldadura / PWHT : **TT Eliminação de tensões** / **Stress Relieving**

Posição Position	**DUREZA VICKERS** Hardness Value Vickers																			
	Metal Base Base Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal de soldadura** Weld Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal Base** Base Metal			
	1	**2**	**3**	**Av.**	**4**	**5**	**6**	**Av.**	**7**	**8**	**9**	**Av.**	**10**	**11**	**12**	**Av.**	**13**	**14**	**15**	**Av.**
Tubo 1	200	197	204	200	201	203	196	200	219	218	232	223	206	192	202	200	210	194	207	204
Tubo 2	182	193	200	192	194	181	185	187	206	210	208	208	193	194	192	193	194	187	194	192

Gráfico de Dureza



Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 07th August 2014. Operator:

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-08-07	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: **-----**

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T08**

Desenho- Drwg: **-----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE MEDIÇÃO DE DUREZAS
HARDNESS TEST REPORT

Durezas Vickers medidas nas soldaduras completas com durómetro portátil:
Vickers Hardness measured on completed welds with portable hardness tester: **Krautkrämer MIC 10**

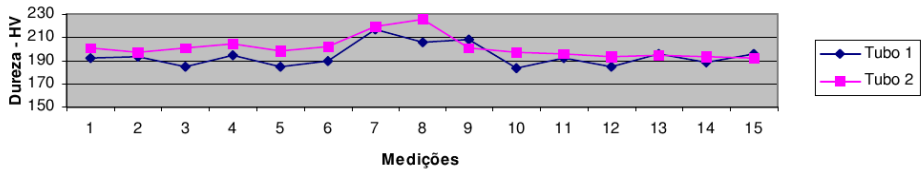
Teste efectuado de acordo com Pop.QU0501. **Sonda:**
Test carried out according Pop.QU0501. Probe: **MIC 205A** **Bloco de calibração:** Calibration Block: **MIC 2 V050**

Especificação de material: SA 335 P91 (Base material)
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) **Estado da superfície:** Surface condition: **Localized Smooth Polished**

Estado deTratamento Térmico Após Soldadura / PWHT : **TT Eliminação de tensões** / **Stress Relieving**

Posição Position	**DUREZA VICKERS** Hardness Value Vickers																			
	Metal Base Base Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal de soldadura** Weld Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal Base** Base Metal			
	1	**2**	**3**	**Av.**	**4**	**5**	**6**	**Av.**	**7**	**8**	**9**	**Av.**	**10**	**11**	**12**	**Av.**	**13**	**14**	**15**	**Av.**
Tubo 1	192	193	184	190	194	185	189	189	217	205	208	210	183	192	184	186	195	188	196	193
Tubo 2	192	193	184	190	194	185	189	189	217	205	208	210	183	192	184	186	195	188	196	193

Gráfico de Dureza



Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 19th September 2014. Operator:

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-09-19	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: **-----**

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T09**

Desenho- Drwg: **-----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE MEDIÇÃO DE DUREZAS
HARDNESS TEST REPORT

Durezas Vickers medidas nas soldaduras completas com durómetro portátil:
Vickers Hardness measured on completed welds with portable hardness tester: **Krautkrämer MIC 10**

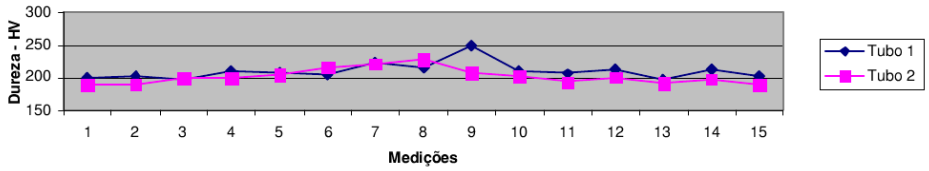
Teste efectuado de acordo com Pop.QU0501. **Sonda:**
Test carried out according Pop.QU0501. Probe: **MIC 205A** **Bloco de calibração:** Calibration Block: **MIC 2 V050**

Especificação de material: SA 335 P91 (Base material)
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) **Estado da superfície:** Surface condition: **Localized Smooth Polished**

Estado deTratamento Térmico Após Soldadura / PWHT : **TT Eliminação de tensões** / **Stress Relieving**

Posição Position	**DUREZA VICKERS** Hardness Value Vickers																			
	Metal Base Base Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal de soldadura** Weld Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal Base** Base Metal			
	1	**2**	**3**	**Av.**	**4**	**5**	**6**	**Av.**	**7**	**8**	**9**	**Av.**	**10**	**11**	**12**	**Av.**	**13**	**14**	**15**	**Av.**
Tubo 1	199	202	197	199	209	207	205	207	224	215	249	229	211	206	213	210	197	213	201	204
Tubo 2	189	190	199	193	199	205	216	207	221	228	207	219	201	193	200	198	191	198	189	193

Gráfico de Dureza



Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 07th October 2014. Operator:

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-10-07	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: **-----**

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **ITEM Nº: T_APP_T10**

Desenho- Drwg: **-----** **O.F.: 143489**

RELATÓRIO DE MEDIÇÃO DE DUREZAS
HARDNESS TEST REPORT

Durezas Vickers medidas nas soldaduras completas com durómetro portátil:
Vickers Hardness measured on completed welds with portable hardness tester: **Krautkrämer MIC 10**

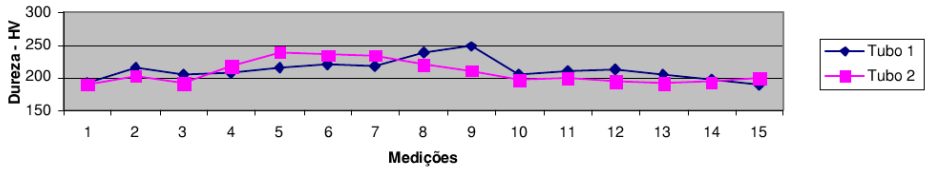
Teste efectuado de acordo com Pop.QU0501. **Sonda:**
Test carried out according Pop.QU0501. Probe: **MIC 205A** **Bloco de calibração:** Calibration Block: **MIC 2 V050**

Especificação de material: SA 335 P91 (Base material)
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) **Estado da superfície:** Surface condition: **Localized Smooth Polished**

Estado deTratamento Térmico Após Soldadura / PWHT : **TT Eliminação de tensões** / **Stress Relieving**

Posição Position	**DUREZA VICKERS** Hardness Value Vickers																			
	Metal Base Base Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal de soldadura** Weld Metal				**Zona Afectada** Heat Affected Zone				**Metal Base** Base Metal			
	1	**2**	**3**	**Av.**	**4**	**5**	**6**	**Av.**	**7**	**8**	**9**	**Av.**	**10**	**11**	**12**	**Av.**	**13**	**14**	**15**	**Av.**
Tubo 1	191	214	205	203	207	215	220	214	217	238	248	234	204	209	213	209	205	198	188	197
Tubo 2	190	203	191	195	218	239	235	231	234	220	211	222	197	199	194	197	191	193	199	194

Gráfico de Dureza



Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 20th October 2014. Operator:

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q.C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date:2014-10-20	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ANEXO XXV

Relatórios de Medição de Dureza na Secção Transversal da Soldadura – Ensaio Realizado pelo ISQ: P_APP_T00 – P_APP_T10

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_J

IPAC acreditação L0070 Ensaios

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

ENSAIO DE DUREZA EM JUNTAS SOLDADAS/ *WELDED JOINTS HARDNESS TEST*

Cliente: *Client*	ARSOPI		
Endereço: *Address*	Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra	**Data de recepção das amostras:** *Sample(s) reception date*	25/06/2014
Local de realização dos ensaios: *Tested at*	LabMat Norte	**Data de realização dos ensaios:** *Testing date*	30/06/2014
Local de emissão do relatório: *Issued at*	LabMat Norte	**Divulgação:** *Distribution*	Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. */ The responsibility of sampling lies with the cliente.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. */ Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 04/07/2014	Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	07/07/2014	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

www.isq.pt
labmat@isq.pt

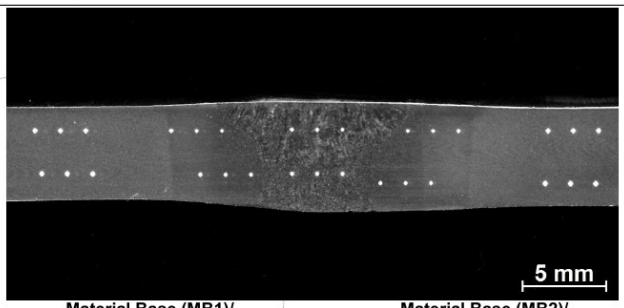
LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_J

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

PROCEDIMENTO/ NORMA *PROCEDURE/ STANDARD*	NP EN 1043-1:1999	**Tipo de ensaio** *Type test*	HV	**Força** *Force* (kgf)	10

Identificação do equipamento: *Equipment Identification*	D9502 X	D9607 --	D9912 --

Processo de Soldadura *Welding process*	
GTAW	
Material base *Parent material*	
SA 213 T91	
Material de adição *Weld material*	
ER90S-B9	
Tratamento após soldadura *Treatment after welding*	
Sem Tratamento Térmico	
Identificação da amostra *Sample identification*	T APP T00

Material Base (MB1)/ *Parent Material (PM1)* — **Material Base (MB2)/** *Parent Material (PM2)*

RESULTADOS/ RESULTS:

Localização *Location*	**Indentação** *Indentation*	**1ª Filiação** *1st row*	**2ª Filiação** *2nd row*
MB1/*PM1*	1	231	234
	2	229	232
	3	229	231
ZTA1/*HAZ1*	4	328	422
	5	422	464
	6*	439	456
MF/*WM*	7	385	411
	8	401	409
	9	422	397
ZTA2/*HAZ2*	10*	450	447
	11	454	462
	12	395	424
MB2/*PM2*	13	237	225
	14	236	227
	15	233	229

* As indentações 6 e 10 localizam-se a uma distância <0,5 mm da linha de fusão. *Indentation 6 and 10 are located at a distance <0,5 mm of the fusion line.*

COMENTÁRIOS/ COMMENTS#:

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_B

IPAC acreditação L0070 Ensaios

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

ENSAIO DE DUREZA EM JUNTAS SOLDADAS/ *WELDED JOINTS HARDNESS TEST*

Cliente: *Client*	ARSOPI		
Endereço: *Address*	Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra	**Data de recepção das amostras:** *Sample(s) reception date*	13/05/2014
Local de realização dos ensaios: *Tested at*	LabMat Norte	**Data de realização dos ensaios:** *Testing date*	13/05/2014
Local de emissão do relatório: *Issued at*	LabMat Norte	**Divulgação:** *Distribution*	Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. */ The responsibility of sampling lies with the cliente.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. */ Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 16/05/2014	Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	07/07/2014	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

www.isq.pt
labmat@isq.pt

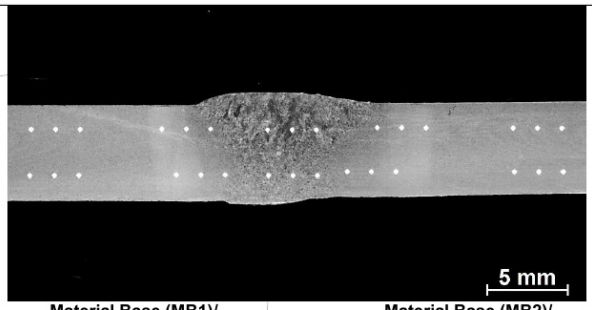
LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_B

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

PROCEDIMENTO/ NORMA *PROCEDURE/ STANDARD*	NP EN 1043-1:1999	**Tipo de ensaio** *Type test*	HV	**Força** *Force* (kgf)	10

Identificação do equipamento: *Equipment Identification*	D9502 X	D9607 --	D9912 --		

Processo de Soldadura *Welding process*	
GTAW	
Material base *Parent material*	
SA 213 T91	
Material de adição *Weld material*	
ER90S-B9	
Tratamento após soldadura *Treatment after welding*	
Alívio de Tensões	**Material Base (MB1)/** *Parent Material (PM1)* — **Material Base (MB2)/** *Parent Material (PM2)*
Identificação da amostra *Sample identification*	T APP T01

RESULTADOS/ RESULTS:

Localização *Location*	**Indentação** *Indentation*	**1ª Filiação** *1st row*	**2ª Filiação** *2nd row*
MB1/*PM1*	1	212	219
	2	217	231
	3	214	219
ZTA1/*HAZ1*	4	217	228
	5	238	236
	6*	275	256
MF/*WM*	7	249	253
	8	266	249
	9	250	253
ZTA2/*HAZ2*	10*	256	240
	11	222	227
	12	211	222
MB2/*PM2*	13	220	216
	14	217	218
	15	219	215

* As indentações 6 e 10 localizam-se a uma distância <0,5 mm da linha de fusão. *Indentation 6 and 10 are located at a distance <0,5 mm of the fusion line.*

COMENTÁRIOS/ COMMENTS#:

LABMAT Nº PE140493_B

IPAC acreditação L0070 Ensaios

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
DUREZA EM JUNTAS SOLDADAS/ *WELDED JOINTS HARDNESS*

Cliente: *Client*	ARSOPI		
Endereço: *Address*	Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra	**Data de recepção das amostras:** *Sample(s) reception date*	04/12/2014
Local de realização dos ensaios: *Tested at*	LabMat Norte	**Data de realização dos ensaios:** *Testing date*	15/12/2014
Local de emissão do relatório: *Issued at*	LabMat Norte	**Divulgação:** *Distribution*	Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsibility of sampling lies with the cliente.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 15/12/2014	Técnica Superior de Laboratório / Laboratory Technician

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	15/12/2014	Emissão Inicial

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE
www.isq.pt
labmat@isq.pt

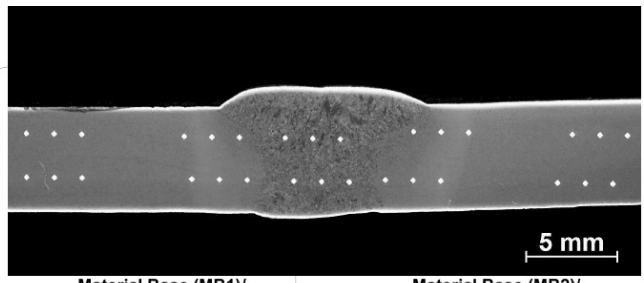
LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

LABMAT Nº PE140493_B

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

PROCEDIMENTO/ NORMA *PROCEDURE/ STANDARD*	NP EN 1043-1:1999	**Tipo de ensaio** *Type test*	HV	**Força** *Force* (kgf)	10

Identificação do equipamento: *Equipment Identification*	D9502 X	D9607 --	D9912 --

Processo de Soldadura *Welding process*	
GTAW	
Material base *Parent material*	
SA 213 T91	
Material de adição *Weld material*	
ER90S-B9	
Tratamento após soldadura *Treatment after welding*	
Alívio de tensões	
Identificação da amostra *Sample identification*	T APP T02

Material Base (MB1)/ *Parent Material (PM1)*

Material Base (MB2)/ *Parent Material (PM2)*

RESULTADOS/ RESULTS:

Localização *Location*	**Indentação** *Indentation*	**1ª Filiação** *1st row*	**2ª Filiação** *2nd row*
MB1/*PM1*	1	219	224
	2	220	225
	3	221	223
ZTA1/*HAZ1*	4	225	223
	5	237	240
	6*	280	247
MF/*WM*	7	279	262
	8	279	271
	9	271	272
ZTA2/*HAZ2*	10*	270	270
	11	230	240
	12	227	242
MB2/*PM2*	13	224	224
	14	221	222
	15	225	221

* As indentações 6 e 10 localizam-se a uma distância <0,5 mm da linha de fusão. *Indentation 6 and 10 are located at a distance <0,5 mm of the fusion line.*

COMENTÁRIOS/ COMMENTS#:

LABMAT Nº PE140493_F

IPAC acreditação L0070 Ensaios

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
DUREZA EM JUNTAS SOLDADAS/ *WELDED JOINTS HARDNESS*

Cliente: *Client*	ARSOPI		
Endereço: *Address*	Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra	**Data de recepção das amostras:** *Sample(s) reception date*	04/12/2014
Local de realização dos ensaios: *Tested at*	LabMat Norte	**Data de realização dos ensaios:** *Testing date*	12/12/2014
Local de emissão do relatório: *Issued at*	LabMat Norte	**Divulgação:** *Distribution*	Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsibility of sampling lies with the cliente.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 15/12/2014	Técnica Superior de Laboratório / Laboratory Technician

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	15/12/2014	Emissão Inicial

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

www.isq.pt
labmat@isq.pt

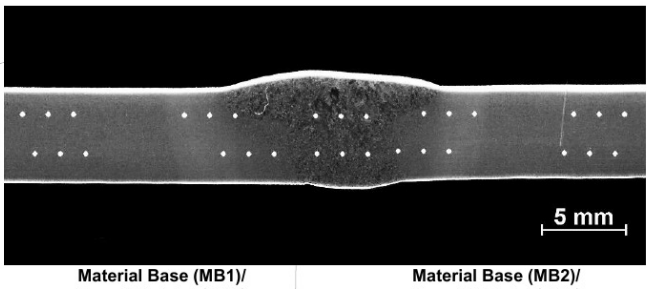
LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

LABMAT Nº PE140493_F

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

PROCEDIMENTO/ NORMA *PROCEDURE/ STANDARD*	NP EN 1043-1:1999	**Tipo de ensaio** *Type test*	HV	**Força** *Force* (kgf)	10

Identificação do equipamento: *Equipment Identification*	D9502 X	D9607 --	D9912 --

Processo de Soldadura *Welding process*	
GTAW	
Material base *Parent material*	
SA 213 T91	
Material de adição *Weld material*	
ER90S-B9	
Tratamento após soldadura *Treatment after welding*	
Alívio de tensões	
Identificação da amostra *Sample identification*	T APP T03

Material Base (MB1)/ *Parent Material (PM1)*

Material Base (MB2)/ *Parent Material (PM2)*

RESULTADOS/ RESULTS:

Localização *Location*	**Indentação** *Indentation*	**1ª Filiação** *1st row*	**2ª Filiação** *2nd row*
MB1/*PM1*	1	220	224
	2	223	226
	3	222	226
ZTA1/*HAZ1*	4	221	223
	5	239	239
	6*	281	257
MF/*WM*	7	273	262
	8	269	271
	9	261	262
ZTA2/*HAZ2*	10*	270	260
	11	232	240
	12	217	232
MB2/*PM2*	13	226	224
	14	227	224
	15	228	222

* As indentações 6 e 10 localizam-se a uma distância <0,5 mm da linha de fusão. *Indentation 6 and 10 are located at a distance <0,5 mm of the fusion line.*

COMENTÁRIOS/ COMMENTS#:

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_F

IPAC acreditação L0070 Ensaios

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

ENSAIO DE DUREZA EM JUNTAS SOLDADAS/ *WELDED JOINTS HARDNESS TEST*

Cliente: *Client*	ARSOPI		
Endereço: *Address*	Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra	**Data de recepção das amostras:** *Sample(s) reception date*	05/06/2014
Local de realização dos ensaios: *Tested at*	LabMat Norte	**Data de realização dos ensaios:** *Testing date*	16/06/2014
Local de emissão do relatório: *Issued at*	LabMat Norte	**Divulgação:** *Distribution*	Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. */ The responsibility of sampling lies with the cliente.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. */ Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 16/06/2014	Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	07/07/2014	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

www.isq.pt
labmat@isq.pt

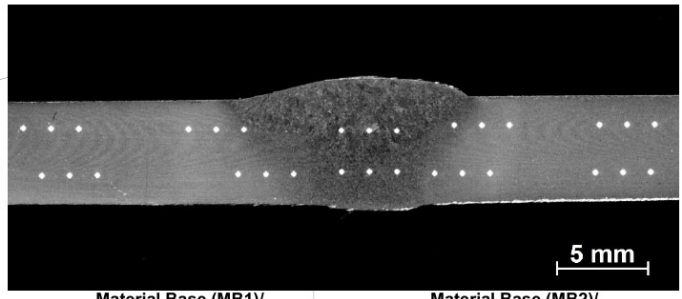
LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_F

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

PROCEDIMENTO/ NORMA *PROCEDURE/ STANDARD*	NP EN 1043-1:1999	**Tipo de ensaio** *Type test*	HV	**Força** *Force* (kgf)	10

Identificação do equipamento: *Equipment Identification*	D9502 X	D9607 --	D9912 --

Processo de Soldadura *Welding process*	
GTAW	
Material base *Parent material*	
SA 213 T91	
Material de adição *Weld material*	
ER90S-B9	
Tratamento após soldadura *Treatment after welding*	
Alívio de Tensões	**Material Base (MB1)/** *Parent Material (PM1)* — **Material Base (MB2)/** *Parent Material (PM2)*
Identificação da amostra *Sample identification*	T APP T04

RESULTADOS/ RESULTS:

Localização *Location*	**Indentação** *Indentation*	**1ª Filiação** *1st row*	**2ª Filiação** *2nd row*
MB1/*PM1*	1	219	226
	2	217	228
	3	217	225
ZTA1/*HAZ1*	4	223	236
	5	242	253
	6*	281	270
MF/*WM*	7	272	279
	8	282	274
	9	281	277
ZTA2/*HAZ2*	10*	286	270
	11	242	248
	12	212	241
MB2/*PM2*	13	229	233
	14	230	232
	15	225	234

* As indentações 6 e 10 localizam-se a uma distância <0,5 mm da linha de fusão. *Indentation 6 and 10 are located at a distance <0,5 mm of the fusion line.*

COMENTÁRIOS/ COMMENTS#:

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140323_B

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

ENSAIO DE DUREZA EM JUNTAS SOLDADAS/ *WELDED JOINTS HARDNESS TEST*

Cliente: *Client* ARSOPI

Endereço: *Address* Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra

Data de recepção das amostras: *Sample(s) reception date* 04/08/2014

Local de realização dos ensaios: *Tested at* LabMat Norte

Data de realização dos ensaios: *Testing date* 06/08/2014

Local de emissão do relatório: *Issued at* LabMat Norte

Divulgação: *Distribution* Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsibility of sampling lies with the cliente.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte Data/*Date* 06/08/2014	Lília Dias Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	06/08/2014	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

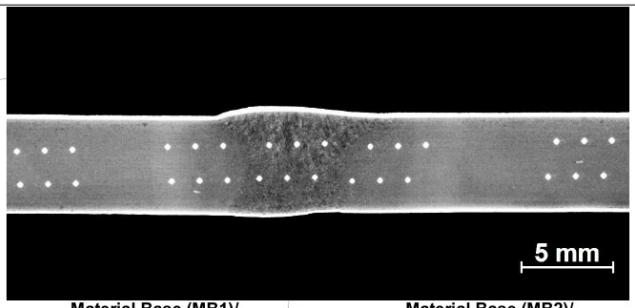
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE
www.isq.pt
labmat@isq.pt
LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140323_B

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

PROCEDIMENTO/ NORMA *PROCEDURE/ STANDARD*	NP EN 1043-1:1999	**Tipo de ensaio** *Type test*	HV	**Força** *Force* (kgf)	10

Identificação do equipamento: *Equipment Identification*	D9502 X	D9607 --	D9912 --		

Processo de Soldadura *Welding process*	
GTAW	
Material base *Parent material*	
SA 213 T91	
Material de adição *Weld material*	
ER90S-B9	
Tratamento após soldadura *Treatment after welding*	
Alívio de Tensões	**Material Base (MB1)/** *Parent Material (PM1)* — **Material Base (MB2)/** *Parent Material (PM2)*
Identificação da amostra *Sample identification*	T APP T05

RESULTADOS/ RESULTS:

Localização *Location*	**Indentação** *Indentation*	**1ª Filiação** *1st row*	**2ª Filiação** *2nd row*
MB1/*PM1*	1	224	224
	2	223	224
	3	228	222
ZTA1/*HAZ1*	4	217	216
	5	232	229
	6*	258	247
MF/*WM*	7	257	263
	8	263	274
	9	265	271
ZTA2/*HAZ2*	10*	256	232
	11	240	240
	12	225	237
MB2/*PM2*	13	227	228
	14	228	228
	15	226	224

* As indentações 6 e 10 localizam-se a uma distância <0,5 mm da linha de fusão. *Indentation 6 and 10 are located at a distance <0,5 mm of the fusion line.*

COMENTÁRIOS/ COMMENTS#:

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140323_F

IPAC acreditação L0070 Ensaios

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

ENSAIO DE DUREZA EM JUNTAS SOLDADAS/ *WELDED JOINTS HARDNESS TEST*

Cliente: *Client* ARSOPI

Endereço: *Address* Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra

Data de recepção das amostras: *Sample(s) reception date* 04/08/2014

Local de realização dos ensaios: *Tested at* LabMat Norte

Data de realização dos ensaios: *Testing date* 06/08/2014

Local de emissão do relatório: *Issued at* LabMat Norte

Divulgação: *Distribution* Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsibility of sampling lies with the cliente.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte Data/*Date* 06/08/2014	Lília Dias Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	06/08/2014	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

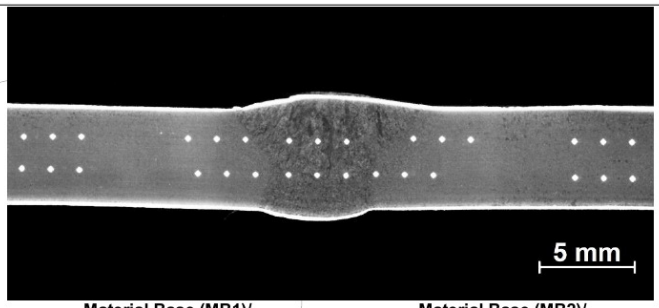
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE
www.isq.pt
labmat@isq.pt
LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140323_F

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

PROCEDIMENTO/ NORMA *PROCEDURE/ STANDARD*	NP EN 1043-1:1999	**Tipo de ensaio** *Type test*	HV	**Força** *Force* (kgf)	10

Identificação do equipamento: *Equipment Identification*	D9502 X	D9607 --	D9912 --

Processo de Soldadura *Welding process*	
GTAW	
Material base *Parent material*	
SA 213 T91	
Material de adição *Weld material*	
ER90S-B9	
Tratamento após soldadura *Treatment after welding*	
Alívio de Tensões	**Material Base (MB1)/** *Parent Material (PM1)* — **Material Base (MB2)/** *Parent Material (PM2)*
Identificação da amostra *Sample identification*	T APP T06

RESULTADOS/ RESULTS:

Localização *Location*	**Indentação** *Indentation*	**1ª Filiação** *1st row*	**2ª Filiação** *2nd row*
MB1/*PM1*	1	232	231
	2	230	225
	3	229	228
ZTA1/*HAZ1*	4	222	219
	5	236	231
	6*	266	249
MF/*WM*	7	271	257
	8	277	263
	9	268	256
ZTA2/*HAZ2*	10*	251	258
	11	233	251
	12	228	232
MB2/*PM2*	13	227	227
	14	229	225
	15	230	226

* As indentações 6 e 10 localizam-se a uma distância <0,5 mm da linha de fusão. *Indentation 6 and 10 are located at a distance <0,5 mm of the fusion line.*

COMENTÁRIOS/ COMMENTS#:

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140366_B

IPAC acreditação L0070 Ensaios

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

ENSAIO DE DUREZA EM JUNTAS SOLDADAS/ *WELDED JOINTS HARDNESS TEST*

Cliente: *Client*	ARSOPI		
Endereço: *Address*	Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra	**Data de recepção das amostras:** *Sample(s) reception date*	08/09/2014
Local de realização dos ensaios: *Tested at*	LabMat Norte	**Data de realização dos ensaios:** *Testing date*	10/09/2014
Local de emissão do relatório: *Issued at*	LabMat Norte	**Divulgação:** *Distribution*	Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsibility of sampling lies with the cliente.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte Data/*Date* 10/09/2014	Lília Dias Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	11/09/2014	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

www.isq.pt
labmat@isq.pt

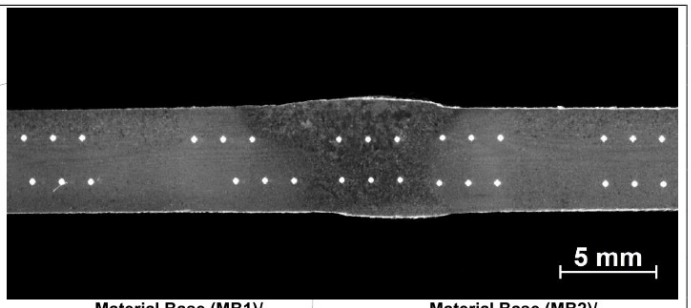
LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140366_B

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

PROCEDIMENTO/ NORMA *PROCEDURE/ STANDARD*	NP EN 1043-1:1999	**Tipo de ensaio** *Type test*	HV	**Força** *Force* (kgf)	10

Identificação do equipamento: *Equipment Identification*	D9502 X	D9607 --	D9912 --		

Processo de Soldadura *Welding process*	
GTAW	
Material base *Parent material*	
SA 213 T91	
Material de adição *Weld material*	
ER90S-B9	
Tratamento após soldadura *Treatment after welding*	
Alívio de tensões	**Material Base (MB1)/** *Parent Material (PM1)* — **Material Base (MB2)/** *Parent Material (PM2)*
Identificação da amostra *Sample identification*	T APP T07

RESULTADOS/ RESULTS:

Localização *Location*	**Indentação** *Indentation*	**1ª Filiação** *1st row*	**2ª Filiação** *2nd row*
MB1/*PM1*	1	218	225
	2	219	224
	3	217	224
ZTA1/*HAZ1*	4	211	228
	5	222	239
	6*	254	259
MF/*WM*	7	265	274
	8	270	277
	9	267	270
ZTA2/*HAZ2*	10*	272	256
	11	231	232
	12	219	220
MB2/*PM2*	13	224	228
	14	224	228
	15	223	226

* As indentações 6 e 10 localizam-se a uma distância <0,5 mm da linha de fusão. *Indentation 6 and 10 are located at a distance <0,5 mm of the fusion line.*

COMENTÁRIOS/ COMMENTS#:

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140431_B

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

ENSAIO DE DUREZA EM JUNTAS SOLDADAS/ *WELDED JOINTS HARDNESS TEST*

Cliente: *Client*	ARSOPI		
Endereço: *Address*	Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra	**Data de recepção das amostras:** *Sample(s) reception date*	17/10/2014
Local de realização dos ensaios: *Tested at*	LabMat Norte	**Data de realização dos ensaios:** *Testing date*	21/10/2014
Local de emissão do relatório: *Issued at*	LabMat Norte	**Divulgação:** *Distribution*	Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. */ The responsibility of sampling lies with the cliente.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. */ Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 21/10/2014	Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	21/10/2014	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

www.isq.pt
labmat@isq.pt

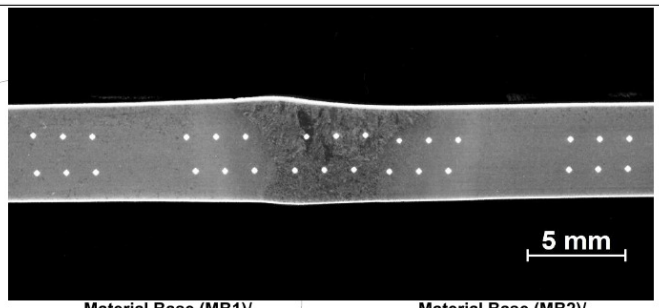
LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140431_B

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

PROCEDIMENTO/ NORMA *PROCEDURE/ STANDARD*	NP EN 1043-1:1999	**Tipo de ensaio** *Type test*	HV	**Força** *Force* (kgf)	10

Identificação do equipamento: *Equipment Identification*	D9502 X	D9607 --	D9912 --

Processo de Soldadura *Welding process*	
GTAW	
Material base *Parent material*	
SA 213 T91	
Material de adição *Weld material*	
ER90S-B9	
Tratamento após soldadura *Treatment after welding*	
Alívio de tensões	**Material Base (MB1)/** *Parent Material (PM1)* — **Material Base (MB2)/** *Parent Material (PM2)*
Identificação da amostra *Sample identification*	T APP T08

RESULTADOS/ RESULTS:

Localização *Location*	**Indentação** *Indentation*	**1ª Filiação** *1st row*	**2ª Filiação** *2nd row*
MB1/*PM1*	1	224	226
	2	225	226
	3	233	228
ZTA1/*HAZ1*	4	219	213
	5	228	232
	6*	250	244
MF/*WM*	7	277	265
	8	270	262
	9	274	270
ZTA2/*HAZ2*	10*	279	261
	11	245	236
	12	233	226
MB2/*PM2*	13	236	234
	14	237	232
	15	236	230

* As indentações 6 e 10 localizam-se a uma distância <0,5 mm da linha de fusão. *Indentation 6 and 10 are located at a distance <0,5 mm of the fusion line.*

COMENTÁRIOS/ COMMENTS#:

LABMAT Nº PE140471_B

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

IPAC acreditação L0070 Ensaios

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
DUREZA EM JUNTAS SOLDADAS/ *WELDED JOINTS HARDNESS*

Cliente: *Client*	ARSOPI		
Endereço: *Address*	Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra	**Data de recepção das amostras:** *Sample(s) reception date*	13/11/2014
Local de realização dos ensaios: *Tested at*	LabMat Norte	**Data de realização dos ensaios:** *Testing date*	18/11/2014
Local de emissão do relatório: *Issued at*	LabMat Norte	**Divulgação:** *Distribution*	Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsibility of sampling lies with the cliente.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 18/11/2014	Técnica Superior de Laboratório / Laboratory Technician

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	18/11/2014	Emissão Inicial

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

www.isq.pt
labmat@isq.pt

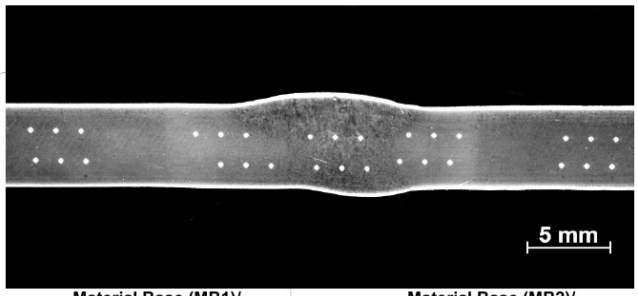
LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

LABMAT Nº PE140471_B

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

PROCEDIMENTO/ NORMA *PROCEDURE/ STANDARD*	NP EN 1043-1:1999	**Tipo de ensaio** *Type test*	HV	**Força** *Force* (kgf)	10

Identificação do equipamento: *Equipment Identification*	D9502 X	D9607 --	D9912 --

Processo de Soldadura *Welding process*	
GTAW	
Material base *Parent material*	
SA 213 T91	
Material de adição *Weld material*	
ER90S-B9	
Tratamento após soldadura *Treatment after welding*	
Alívio de tensões	**Material Base (MB1)/** *Parent Material (PM1)* — **Material Base (MB2)/** *Parent Material (PM2)*
Identificação da amostra *Sample identification*	T APP T09

RESULTADOS/ RESULTS:

Localização *Location*	**Indentação** *Indentation*	**1ª Filiação** *1st row*	**2ª Filiação** *2nd row*
MB1/*PM1*	1	234	229
	2	234	234
	3	236	231
ZTA1/*HAZ1*	4	226	237
	5	241	246
	6*	272	262
MF/*WM*	7	270	276
	8	270	268
	9	273	275
ZTA2/*HAZ2*	10*	266	260
	11	237	237
	12	229	228
MB2/*PM2*	13	230	232
	14	231	231
	15	232	230

* As indentações 6 e 10 localizam-se a uma distância <0,5 mm da linha de fusão. *Indentation 6 and 10 are located at a distance <0,5 mm of the fusion line.*

COMENTÁRIOS/ COMMENTS#:

LABMAT Nº PE140471_F

IPAC acreditação L0070 Ensaios

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
DUREZA EM JUNTAS SOLDADAS/ *WELDED JOINTS HARDNESS*

Cliente: *Client*	ARSOPI		
Endereço: *Address*	Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra	**Data de recepção das amostras:** *Sample(s) reception date*	13/11/2014
Local de realização dos ensaios: *Tested at*	LabMat Norte	**Data de realização dos ensaios:** *Testing date*	18/11/2014
Local de emissão do relatório: *Issued at*	LabMat Norte	**Divulgação:** *Distribution*	Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsibility of sampling lies with the cliente.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 18/11/2014	Técnica Superior de Laboratório / Laboratory Technician

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	18/11/2014	Emissão Inicial

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

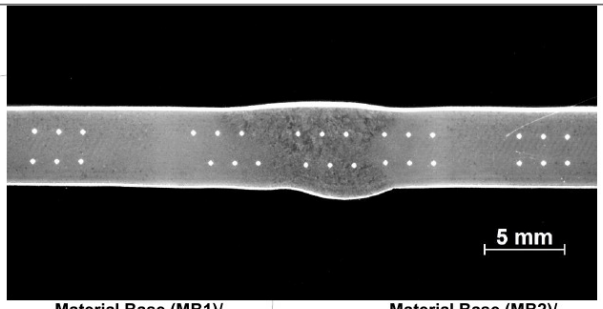
LABMAT Nº PE140471_F

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

PROCEDIMENTO/ NORMA *PROCEDURE/ STANDARD*	NP EN 1043-1:1999	**Tipo de ensaio** *Type test*	HV	**Força** *Force* (kgf)	10

Identificação do equipamento: *Equipment Identification*	D9502 X	D9607 --	D9912 --		

Processo de Soldadura *Welding process*	
GTAW	
Material base *Parent material*	
SA 213 T91	
Material de adição *Weld material*	
ER90S-B9	
Tratamento após soldadura *Treatment after welding*	
Alívio de tensões	
Identificação da amostra *Sample identification*	T APP T10



Material Base (MB1)/ *Parent Material (PM1)* — **Material Base (MB2)/** *Parent Material (PM2)*

RESULTADOS/ RESULTS:

Localização *Location*	**Indentação** *Indentation*	**1ª Filiação** *1st row*	**2ª Filiação** *2nd row*
MB1/*PM1*	1	228	230
	2	227	231
	3	226	230
ZTA1/*HAZ1*	4	234	237
	5	259	254
	6*	288	275
MF/*WM*	7	281	277
	8	278	279
	9	274	276
ZTA2/*HAZ2*	10*	280	255
	11	236	238
	12	232	230
MB2/*PM2*	13	231	236
	14	234	237
	15	233	234

* As indentações 6 e 10 localizam-se a uma distância <0,5 mm da linha de fusão. *Indentation 6 and 10 are located at a distance <0,5 mm of the fusion line.*

COMENTÁRIOS/ COMMENTS#:

ANEXO XXVI

Relatórios de Analise Química: P_APP_T00 – P_APP_T10

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T00 - Face**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 213 T91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.0964	0.293	0.546	0.0073	<0.0006	8.847	0.483	0.885	0.0380
	0.0958	0.286	0.557	0.0065	<0.0006	8.901	0.479	0.864	0.0377
	0.0936	0.283	0.554	0.0062	<0.0006	8.898	0.472	0.865	0.0380
Média Avarage	**0.0953**	**0.287**	**0.552**	**0.0067**	**<0.0006**	**8.882**	**0.478**	**0.871**	**0.0379**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2641	0.0135	0.0050	0.0040	0.0021	<0.0080	0.2241	0.0145	88.27
	0.2653	0.0094	0.0050	0.0040	0.0020	<0.0080	0.2216	0.0146	88.25
	0.2583	0.0063	0.0047	0.0038	0.0017	<0.0080	0.2216	0.0147	88.27
Média Avarage	**0.2626**	**0.0097**	**0.0049**	**0.0039**	**0.0019**	**<0.0080**	**0.2224**	**0.0146**	**88.27**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 23rd July 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-07-23	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T00 - Root**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 213 T91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.0935	0.310	0.521	0.0112	0.0012	8.855	0.426	0.906	0.0401
	0.0900	0.299	0.532	0.0098	<0.0006	8.895	0.423	0.877	0.0391
	0.0893	0.298	0.538	0.0093	<0.0006	8.934	0.423	0.873	0.0392
Média Avarage	**0.0909**	**0.302**	**0.531**	**0.0101**	**0.0008**	**8.895**	**0.424**	**0.885**	**0.0395**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2265	0.0211	0.0050	0.0037	0.0032	<0.0080	0.2209	0.0154	88.33
	0.2271	0.0138	0.0048	0.0037	0.0028	<0.0080	0.2172	0.0156	88.34
	0.2282	0.0096	0.0048	0.0037	0.0027	<0.0080	0.2184	0.0158	88.31
Média Avarage	**0.2273**	**0.0149**	**0.0048**	**0.0037**	**0.0029**	**<0.0080**	**0.2188**	**0.0156**	**88.33**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 23rd July 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-07-23	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T01 - Face**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 213 T91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.0941	0.293	0.530	0.0065	<0.0006	8.739	0.459	0.905	0.0384
	0.0900	0.284	0.541	0.0057	<0.0006	8.797	0.453	0.876	0.0373
	0.0888	0.282	0.544	0.0052	<0.0006	8.819	0.450	0.876	0.0374
Média Avarage	**0.0910**	**0.286**	**0.539**	**0.0058**	**<0.0006**	**8.785**	**0.454**	**0.885**	**0.0377**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2263	0.0166	0.0053	0.0037	0.0014	<0.0080	0.2240	0.0115	88.45
	0.2260	0.0081	0.0048	0.0036	0.0015	<0.0080	0.2202	0.0112	88.44
	0.2235	0.0036	0.0049	0.0036	0.0010	<0.0080	0.2210	0.0106	88.43
Média Avarage	**0.2253**	**0.0095**	**0.0050**	**0.0036**	**0.0013**	**<0.0080**	**0.2217**	**0.0111**	**88.44**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 23rd April 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-07-23	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T01 - Root**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 213 T91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.0853	0.297	0.528	0.0080	<0.0006	8.769	0.465	0.905	0.0379
	0.0807	0.292	0.531	0.0074	<0.0006	8.793	0.452	0.893	0.0373
	0.0812	0.291	0.538	0.0067	<0.0006	8.823	0.460	0.888	0.0375
Média Avarage	**0.0824**	**0.293**	**0.533**	**0.0074**	**<0.0006**	**8.795**	**0.459**	**0.895**	**0.0375**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2508	0.0347	0.0049	0.0036	0.0023	<0.0080	0.2225	0.0131	88.37
	0.2429	0.0124	0.0047	0.0035	0.0022	<0.0080	0.2211	0.0122	88.41
	0.2484	0.0086	0.0047	0.0035	0.0019	<0.0080	0.2220	0.0125	88.37
Média Avarage	**0.2473**	**0.0186**	**0.0048**	**0.0035**	**0.0022**	**<0.0080**	**0.2218**	**0.0126**	**88.39**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 23rd April 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-07-23	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T02 -Face**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 213 T91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.094	0.296	0.532	0.008	0.0006	8.791	0.472	0.887	0.0374
	0.094	0.311	0.511	0.008	0.0006	8.777	0.479	0.881	0.0371
	0.094	0.290	0.512	0.008	0.0060	8.701	0.469	0.879	0.0371
Média Avarage	**0.094**	**0.299**	**0.518**	**0.008**	**0.0024**	**8.756**	**0.473**	**0.882**	**0.0372**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0,2352	0,0153	0,0077	0,0632	0,0025	0,008	0,2218	0,0129	88,32
	0,2350	0,0143	0,0079	0,0662	0,0021	0,008	0,2221	0,0130	88,33
	0,2333	0,0133	0,0081	0,0651	0,0019	0,008	0,2234	0,0145	88,44
Média Avarage	**0.2345**	**0.0143**	**0.0079**	**0.0648**	**0.0022**	**0.008**	**0.2224**	**0.0135**	**88.36**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 3rd December 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-12-03	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T02 - Root**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 213 T91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.093	0.289	0.530	0.0067	0.0006	8.776	0.459	0.894	0.0375
	0.092	0.281	0.540	0.0068	0.0006	8.761	0.450	0.889	0.0371
	0.091	0.271	0.551	0.0067	0.0006	8.757	0.451	0.880	0.0371
Média Avarage	**0.092**	**0.280**	**0.540**	**0.0067**	**0.0006**	**8.765**	**0.453**	**0.888**	**0.0372**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2041	0.0126	0.0053	0.0042	0.0018	<0.0080	0.2211	0.0115	88.45
	0.2040	0.0120	0.0054	0.0042	0.0017	<0.0080	0.2200	0.0111	88.48
	0.2110	0.0130	0.0051	0.0040	0.0015	<0.0080	0.2101	0.0121	88.50
Média Avarage	**0.2064**	**0.0125**	**0.0053**	**0.0041**	**0.0017**	**<0.0080**	**0.2171**	**0.0116**	**88.48**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 3rd December 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-12-03	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T03 - Face**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 213 T91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.082	0.270	0.550	0.0051	0.0006	8.809	0.463	0.897	0.0389
	0.083	0.264	0.541	0.0051	0.0006	8.811	0.457	0.871	0.0371
	0.811	0.251	0.531	0.0041	0.0006	8.714	0.441	0.891	0.0381
Média Avarage	**0.325**	**0.261**	**0.541**	**0.0048**	**0.0006**	**8.778**	**0.454**	**0.886**	**0.0380**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2529	0.0010	0.0048	0.0038	0.0016	0.0095	0.2258	0.0139	88.37
	0.2414	0.0013	0.0051	0.0041	0.0014	0.0081	0.2151	0.0147	88.44
	0.2612	0.0014	0.0045	0.0042	0.0013	0.0091	0.2201	0.0151	87.80
Média Avarage	**0.2518**	**0.0012**	**0.0048**	**0.0040**	**0.0014**	**0.0089**	**0.2203**	**0.0146**	**88.20**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 3rd December 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-12-03	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T03 - Root**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 213 T91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.069	0.272	0.534	0.0087	<0.0006	8.776	0.392	0.921	0.044
	0.069	0.268	0.535	0.0078	<0.0006	8.709	0.390	0.921	0.0443
	0.073	0.263	0.540	0.0063	<0.0006	8.739	0.455	0.880	0.0372
Média Avarage	**0.070**	**0.268**	**0.536**	**0.0076**	**<0.0006**	**8.768**	**0.412**	**0.907**	**0.0418**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2116	0.0019	0.0042	0.0038	0.0023	0.0147	0.2253	0.0138	88.51
	0.2106	<0.0010	0.0039	0.0038	0.0020	0.0143	0.2262	0.0141	88.50
	0.2450	0.0031	0.0043	0.0038	0.0019	<0.0080	0.2207	0.0122	88.51
Média Avarage	**0.2224**	**0.0018**	**0.0041**	**0.0038**	**0.0021**	**0.012**	**0.2241**	**0.0134**	**88.51**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 3rd December 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-12-03	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T04 - Face**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 213 T91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.0832	0.296	0.528	0.0101	0.0017	8.842	0.484	0.876	0.0362
	0.0755	0.287	0.531	0.0089	0.0010	8.892	0.464	0.853	0.0349
	0.0676	0.279	0.530	0.0097	0.0017	8.864	0.447	0.842	0.0341
Média Avarage	**0.0755**	**0.287**	**0.530**	**0.0096**	**0.0015**	**8.866**	**0.465**	**0.857**	**0.0351**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2625	0.0567	0.0051	0.0037	0.0041	<0.0080	0.2112	0.0133	88.28
	0.2569	0.0049	0.0046	0.0036	0.0038	<0.0080	0.2066	0.0129	88.35
	0.2555	<0.0010	0.0044	0.0035	0.0045	<0.0080	0.2056	0.0112	88.44
Média Avarage	**0.2583**	**0.0197**	**0.0047**	**0.0036**	**0.0041**	**<0.0080**	**0.2078**	**0.0125**	**88.36**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 15th December 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-12-15	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T04 - Root**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 213 T91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.1047	0.296	0.523	0.0085	<0.0006	8.746	0.436	0.874	0.0374
	0.0837	0.290	0.538	0.0077	<0.0006	8.858	0.439	0.862	0.0371
	0.0816	0.285	0.538	0.0073	<0.0006	8.863	0.434	0.861	0.0369
Média Avarage	**0.0900**	**0.290**	**0.533**	**0.0078**	**<0.0006**	**8.822**	**0.436**	**0.866**	**0.0371**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2087	0.0130	0.0050	0.0036	0.0028	<0.0080	0.2118	0.0127	88.51
	0.2109	0.0043	0.0045	0.0035	0.0026	<0.0080	0.2121	0.0136	88.43
	0.2050	0.0028	0.0044	0.0035	0.0023	<0.0080	0.2126	0.0133	88.44
Média Avarage	**0.2082**	**0.0067**	**0.0046**	**0.0037**	**0.0025**	**<0.0080**	**0.2221**	**0.0132**	**88.46**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 15rd December 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-12-15	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T05 - Face**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 335 P91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.0888	0.274	0.542	0.0074	<0.0006	8.789	0.455	0.905	0.0391
	0.0840	0.271	0.551	0.0070	<0.0006	8.844	0.454	0.887	0.0386
	0.0832	0.272	0.544	0.0078	<0.0006	8.833	0.455	0.892	0.0386
Média Avarage	**0.0853**	**0.272**	**0.546**	**0.0074**	**<0.0006**	**8.822**	**0.455**	**0.894**	**0.0388**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2565	0.0092	0.0043	0.0036	0.0023	<0.0080	0.2265	0.0144	88.38
	0.2584	0.0051	0.0042	0.0036	0.0024	<0.0080	0.2254	0.0150	88.34
	0.2613	0.0043	0.0043	0.0036	0.0027	<0.0080	0.2247	0.0147	88.35
Média Avarage	**0.2588**	**0.0062**	**0.0043**	**0.0036**	**0.0025**	**<0.0080**	**0.2255**	**0.0147**	**88.36**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 23rd July 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-07-23	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T05 - Root**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 335 P91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.0832	0.274	0.526	0.0103	<0.0006	8.719	0.371	0.938	0.0463
	0.0754	0.267	0.531	0.0090	<0.0006	8.746	0.367	0.915	0.0444
	0.0753	0.272	0.543	0.0067	<0.0006	8.779	0.464	0.894	0.0381
Média Avarage	**0.0780**	**0.271**	**0.533**	**0.0087**	**<0.0006**	**8.748**	**0.401**	**0.916**	**0.0429**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2298	0.0157	0.0038	0.0039	0.0023	0.0117	0.2282	0.0139	88.52
	0.2010	0.0078	0.0035	0.0036	0.0023	0.0115	0.2247	0.0135	88.58
	0.2587	0.0083	0.0041	0.0036	0.0024	<0.0080	0.2262	0.0137	88.41
Média Avarage	**0.2299**	**0.0106**	**0.0038**	**0.0037**	**0.0023**	**0.0097**	**0.2264**	**0.0137**	**88.50**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 23rd July 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-07-23	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T06 - Face**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 335 P91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.0913	0.277	0.553	0.0059	<0.0006	8.758	0.486	0.884	0.0386
	0.0843	0.269	0.561	0.0057	<0.0006	8.799	0.481	0.866	0.0384
	0.0812	0.265	0.559	0.0058	<0.0006	8.807	0.476	0.867	0.0383
Média Avarage	**0.0856**	**0.270**	**0.557**	**0.0058**	**<0.0006**	**8.788**	**0.481**	**0.873**	**0.0384**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2844	0.0036	0.0050	0.0044	0.0017	0.0095	0.2227	0.0137	88.36
	0.2825	<0.0010	0.0043	0.0041	0.0019	0.0108	0.2200	0.0141	88.36
	0.2773	<0.0010	0.0040	0.0040	0.0021	0.0111	0.2207	0.0138	88.37
Média Avarage	**0.2814**	**0.0012**	**0.0045**	**0.0042**	**0.0019**	**0.0105**	**0.2211**	**0.0139**	**88.36**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 22nd December 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-12-22	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T06 - Root**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 335 P91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.1106	0.267	0.540	0.0080	<0.0006	8.784	0.399	0.887	0.0422
	0.0966	0.267	0.542	0.0079	<0.0006	8.789	0.404	0.890	0.0423
	0.0928	0.264	0.537	0.0079	<0.0006	8.778	0.395	0.892	0.0421
Média Avarage	**0.1000**	**0.266**	**0.540**	**0.0080**	**<0.0006**	**8.784**	**0.399**	**0.889**	**0.0422**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2336	<0.0010	0.0040	0.0039	0.0025	0.0159	0.2184	0.0154	88.47
	0.2323	<0.0010	0.0038	0.0039	0.0023	0.0161	0.2200	0.0152	88.47
	0.2249	<0.0010	0.0036	0.0038	0.0023	0.0148	0.2198	0.0144	88.51
Média Avarage	**0.2303**	**<0.0010**	**0.0038**	**0.0039**	**0.0024**	**0.0156**	**0.2194**	**0.0150**	**88.48**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 22nd Desember 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-12-22	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T07 - Face**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 335 P91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.0903	0.271	0.540	0.0073	<0.0006	8.706	0.443	0.905	0.0404
	0.0854	0.269	0.553	0.0068	<0.0006	8.784	0.445	0.881	0.0401
	0.0852	0.267	0.553	0.0061	<0.0006	8.775	0.441	0.879	0.0396
Média Avarage	**0.0870**	**0.269**	**0.549**	**0.0067**	**<0.0006**	**8.755**	**0.443**	**0.888**	**0.0400**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2589	0.0100	0.0025	0.0037	0.0021	<0.0080	0.2314	0.0124	88.47
	0.2679	0.0062	0.0024	0.0037	0.0021	<0.0080	0.2289	0.0128	88.41
	0.2575	0.0045	0.0023	0.0036	0.0017	<0.0080	0.2287	0.0131	88.44
Média Avarage	**0.2615**	**0.0069**	**0.0024**	**0.0037**	**0.0020**	**<0.0080**	**0.2297**	**0.0128**	**88.44**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 8th August 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-08-08	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T07 - Root**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 335 P91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.0954	0.275	0.526	0.0090	<0.0006	8.753	0.392	0.932	0.0443
	0.0894	0.268	0.535	0.0082	<0.0006	8.820	0.388	0.915	0.0439
	0.0858	0.266	0.536	0.0080	<0.0006	8.805	0.382	0.916	0.0438
Média Avarage	**0.0902**	**0.270**	**0.532**	**0.0084**	**<0.0006**	**8.793**	**0.388**	**0.921**	**0.0440**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2220	0.0094	0.0040	0.0038	0.0019	0.0104	0.2257	0.0141	88.48
	0.2217	0.0066	0.0036	0.0037	0.0018	0.0110	0.2242	0.0145	88.44
	0.2178	0.0038	0.0034	0.0035	0.0018	0.0109	0.2239	0.0142	88.48
Média Avarage	**0.2205**	**0.0066**	**0.0037**	**0.0036**	**0.0018**	**0.0108**	**0.2246**	**0.0143**	**88.47**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 08th August 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-08-08	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T08 - Face**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 335 P91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.0959	0.274	0.552	0.0065	<0.0006	8.757	0.462	0.897	0.0406
	0.0826	0.268	0.559	0.0062	<0.0006	8.833	0.459	0.876	0.0391
	0.0802	0.264	0.563	0.0062	<0.0006	8.847	0.457	0.872	0.0398
Média Avarage	**0.0863**	**0.269**	**0.558**	**0.0063**	**<0.0006**	**8.812**	**0.459**	**0.882**	**0.0399**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2598	0.0411	0.0071	0.0042	0.0017	0.0105	0.2235	0.0128	88.35
	0.2648	0.0332	0.0051	0.0039	0.0020	0.0110	0.2200	0.032	88.33
	0.2639	0.0286	0.0043	0.0040	0.0020	0.0101	0.2206	0.0128	88.32
Média Avarage	**0.2628**	**0.0343**	**0.0055**	**0.0040**	**0.0019**	**0.0105**	**0.2214**	**0.0129**	**88.33**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 15th December 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-12-15	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T08 - Root**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 335 P91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.0926	0.263	0.537	0.0108	<0.0006	8.824	0.393	0.875	0.0413
	0.0821	0.260	0.542	0.0101	<0.0006	8.863	0.389	0.870	0.0409
	0.0736	0.259	0.543	0.0116	0.0016	8.850	0.392	0.873	0.0416
Média Avarage	**0.0828**	**0.261**	**0.541**	**0.0108**	**0.0009**	**8.846**	**0.391**	**0.873**	**0.0413**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2384	0.0646	0.0046	0.0037	0.0038	0.0157	0.2111	0.0156	88.40
	0.2336	0.0077	0.0038	0.0037	0.0036	0.0146	0.2111	0.0146	88.45
	0.2370	0.0033	0.0036	0.0037	0.0047	0.0134	0.2133	0.0138	88.46
Média Avarage	**0.2363**	**0.0252**	**0.0040**	**0.0037**	**0.0040**	**0.0146**	**0.2118**	**0.0147**	**88.44**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 15th December 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-12-15	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T09 - Face**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 335 P91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.1222	0.261	0.535	0.0109	0.0010	8.795	0.418	0.925	0.0421
	0.1138	0.250	0.547	0.0101	<0.0006	8.868	0.415	0.897	0.0411
	0.1097	0.248	0.547	0.00094	<0.0006	8.873	0.412	0.897	0.0409
Média Avarage	**0.1152**	**0.253**	**0.543**	**0.0101**	**0.0006**	**8.845**	**0.415**	**0.906**	**0.0414**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2714	0.0132	0.0070	0.0045	0.0028	0.0176	0.2144	0.0161	88.34
	0.2750	0.0042	0.0058	0.0040	0.0028	0.0166	0.2120	0.0162	88.32
	0.2709	0.0031	0.0054	0.0039	0.0027	0.0167	0.2124	0.0163	88.33
Média Avarage	**0.2724**	**0.0069**	**0.0061**	**0.0042**	**0.0028**	**0.0170**	**0.2129**	**0.0162**	**88.33**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 22nd December 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-12-22	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T09 - Root**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 335 P91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.1011	0.255	0.541	0.0107	0.0008	8.747	0.393	0.925	0.0442
	0.0953	0.251	0.547	0.0098	<0.0006	8.788	0.399	0.908	0.0437
	0.0910	0.250	0.546	0.0088	<0.0006	8.777	0.399	0.916	0.0431
Média Avarage	**0.0958**	**0.252**	**0.545**	**0.0098**	**<0.0006**	**8.771**	**0.397**	**0.916**	**0.0437**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2744	0.0096	0.0065	0.0043	0.0029	0.0194	0.2188	0.0165	88.43
	0.2783	0.0034	0.0057	0.0041	0.0028	0.0187	0.2173	0.0156	88.41
	0.2761	<0.0010	0.0053	0.0039	0.0026	0.0187	0.2193	0.0155	88.43
Média Avarage	**0.2762**	**0.0047**	**0.0058**	**0.0041**	**0.0028**	**0.0189**	**0.2185**	**0.0159**	**88.42**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 22nd December 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-12-22	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T10 - Face**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 335 P91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.0940	0.262	0.542	0.0069	<0.0006	8.723	0.422	0.893	0.0407
	0.0879	0.254	0.549	0.0059	<0.0006	8.768	0.417	0.871	0.0397
	0.0879	0.253	0.552	0.0056	<0.0006	8.784	0.419	0.871	0.0395
Média Avarage	**0.0899**	**0.256**	**0.548**	**0.0061**	**<0.0006**	**8.758**	**0.419**	**0.878**	**0.0400**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2265	0.0110	0.0041	0.0039	0.0014	<0.0080	0.2192	<0.0100	88.53
	0.2244	0.0051	0.0036	0.0037	0.0012	<0.0080	0.2157	<0.0100	88.54
	0.2251	0.0052	0.0035	0.0037	0.0012	<0.0080	0.2168	<0.0100	88.52
Média Avarage	**0.2253**	**0.0071**	**0.0037**	**0.0038**	**0.0013**	**<0.0080**	**0.2172**	**<0.0100**	**88.53**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 15th December 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-12-15	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ARSOPI S.A.

DOSSIER DE CONSTRUÇÃO
MANUFACTURING DATA REPORT

Fabricante-Manufacturer: **ARSOPI, Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, S.A.**

Direcção- Address: Apartado 10 3730 - 954 Vale de Cambra Portugal

Cliente- Client: **Instituto Superior Engenharia Porto** **Encomenda Nº-** Purchase Order: -----

Projecto- Plant: **Thesis António Pedro Vitória de Pinho** **Item Nº: T_APP_T10 - Root**

Desenho- Drawing Nº----- **O.F. Nº: 143489**

RELATÓRIO DE ANALISE QUÍMICA
CHEMICAL ANALYSIS REPORT

Analise química com Espectometro de Emissão Óptica:
Chemical Analysis with Optical Emission Spectrometer: ***SPECTROLAB M, 11366/99.***

Teste efectuado de acordo com Pop.QU0409. **Bloco padrão:**
Test carried out according Pop.QU0409. Standard block: BS CA304-3

Especificação de material: SA 335 P91 (Base material) **Estado da superfície:** Polida
Material Specification: ER90S–B9 (Weld material) Surface condition: Polished

	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS								
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mo**	**Nb**
	0.0951	0.275	0.543	0.0084	<0.0006	8.772	0.422	0.910	0.0430
	0.0891	0.276	0.557	0.0080	<0.0006	8.843	0.433	0.893	0.0433
	0.0869	0.275	0.560	0.0079	<0.0006	8.865	0.434	0.893	0.0431
Média Avarage	**0.0904**	**0.275**	**0.553**	**0.0081**	**<0.0006**	**8.827**	**0.429**	**0.899**	**0.0431**
	Cu	**N**	**Al**	**Ti**	**Sn**	**W**	**V**	**Co**	**Fe**
	0.2213	0.0470	0.0041	0.0041	0.0022	0.0134	0.2226	0.0132	88.39
	0.2422	0.0343	0.0041	0.0040	0.0024	0.0142	0.2223	0.0139	88.32
	0.2426	0.0320	0.0040	0.0040	0.0025	0.0142	0.2234	0.0138	88.30
Média Avarage	**0.2387**	**0.0378**	**0.0041**	**0.0040**	**0.0024**	**0.0139**	**0.2228**	**0.0136**	**88.34**

Conclusão/Conclusion : Acceptable

Local e data /Place and date : Vale de Cambra, 15th Decmber 2014 Operator: _____

Rubrica e Carimbo
Signature and stamp

ARSOPI	**INSPECÇÃO-**INSPECTION	**CLIENTE-**CLIENT
Nome-Name: A. Pedro V. Pinho	**Nome**-Name:	**Nome**-Name:
Cargo-Position: Q. C. Inspector	**Cargo**-Position:	**Cargo**-Position:
Data-Date: 2014-12-15	**Data**-Date:	**Data**-Date:
Rubrica/Carimbo-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:	**Rubrica/ Carimbo**-Sign/Stamp:

Mod.QU.0100.A0.20050119

ANEXO XXVII

Relatórios de Ensaio Macrográfico: P_APP_T00 – P_APP_T10

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_I

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

ENSAIO MACROGRÁFICO/ *MACROGRAPHIC TEST*

Cliente: *Client*	ARSOPI		
Endereço: *Address*	Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra	**Data de recepção das amostras:** *Sample(s) reception date*	25/06/2014
Local de realização dos ensaios: *Tested at*	LabMat Norte	**Data de realização dos ensaios:** *Testing date*	30/06/2014
Local de emissão do relatório: *Issued at*	LabMat Norte	**Divulgação:** *Distribution*	Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. */ The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. */ Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 04/07/2014	Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	07/07/2014	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

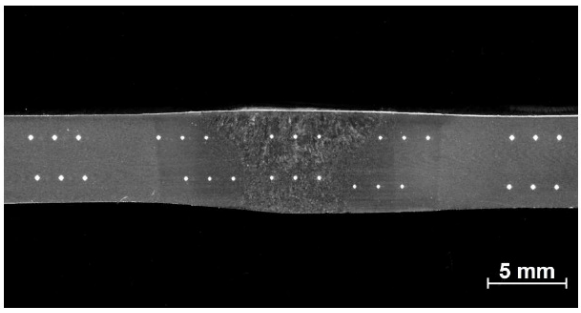
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_I

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA / *STANDARD:* **ASME IX**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T00	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material de base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*#**: --**	

Caso aplicável, norma de classificação de imperfeições/ *Standard*: **ISO 6520-1: 2007.**

Classificação / *Classification* *	**Dimensões Relevantes** / *Meaningfull Dimensions*#
--	--
--	--
--	--

Analisadas imperfeições das classes fissuras, cavidades, inclusões sólidas e falta de fusão./ *Only imperfections falling into groups: cracks, cavities, solid inclusions and lack of fusion are analysed.

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_A

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

ENSAIO MACROGRÁFICO/ *MACROGRAPHIC TEST*

Cliente: *Client*	ARSOPI		
Endereço: *Address*	Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra	**Data de recepção das amostras:** *Sample(s) reception date*	13/05/2014
Local de realização dos ensaios: *Tested at*	LabMat Norte	**Data de realização dos ensaios:** *Testing date*	13/05/2014
Local de emissão do relatório: *Issued at*	LabMat Norte	**Divulgação:** *Distribution*	Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. */ The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. */ Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 16/05/2014	Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	07/07/2014	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

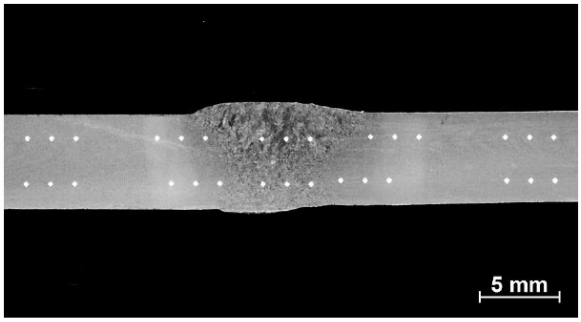
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_A

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA / *STANDARD:* **ASME IX**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T01	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material de base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]**: --**	

Caso aplicável, norma de classificação de imperfeições/ *Standard*: **ISO 6520-1: 2007.**

Classificação / *Classification* *	**Dimensões Relevantes** / *Meaningfull Dimensions*[#]
--	--
--	--
--	--

Analisadas imperfeições das classes fissuras, cavidades, inclusões sólidas e falta de fusão./ *Only imperfections falling into groups: cracks, cavities, solid inclusions and lack of fusion are analysed.

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140493_A

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
EXAME MACROGRÁFICO EM JUNTAS SOLDADAS / *WELDED JOINT MACROGRAPHIC EXAM*

Cliente: *Client*	ARSOPI		
Endereço: *Address*	Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra	**Data de recepção das amostras:** *Sample(s) reception date*	04/12/2014
Local de realização dos ensaios: *Tested at*	LabMat Norte	**Data de realização dos ensaios:** *Testing date*	15/12/2014
Local de emissão do relatório: *Issued at*	LabMat Norte	**Divulgação:** *Distribution*	Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte Data/*Date* 15/12/2014	Lília Dias Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	15/12/2014	Emissão Inicial

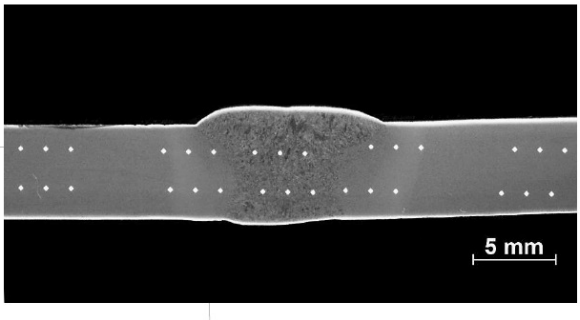
Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE
www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140493_A

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA / *STANDARD:* **ASME IX**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T02	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material de base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*#: --	

Caso aplicável, norma de classificação de imperfeições/ *Standard*: **ISO 6520-1: 2007.**

Classificação / *Classification* *	**Dimensões Relevantes** / *Meaningfull Dimensions*#
--	--
--	--
--	--

Analisadas imperfeições das classes fissuras, cavidades, inclusões sólidas e falta de fusão./ *Only imperfections falling into groups: cracks, cavities, solid inclusions and lack of fusion are analysed.

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140493_E

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
EXAME MACROGRÁFICO EM JUNTAS SOLDADAS / *WELDED JOINT MACROGRAPHIC EXAM*

Cliente: *Client*	ARSOPI		
Endereço: *Address*	Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra	**Data de recepção das amostras:** *Sample(s) reception date*	04/12/2014
Local de realização dos ensaios: *Tested at*	LabMat Norte	**Data de realização dos ensaios:** *Testing date*	12/12/2014
Local de emissão do relatório: *Issued at*	LabMat Norte	**Divulgação:** *Distribution*	Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte Data/*Date* 15/12/2014	Lília Dias Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	15/12/2014	Emissão Inicial

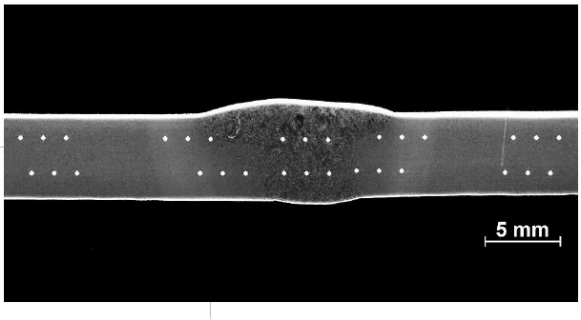
Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE
www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140493_E

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA / *STANDARD:* **ASME IX**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T03	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material de base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*#: --	

Caso aplicável, norma de classificação de imperfeições/ *Standard*: **ISO 6520-1: 2007.**

Classificação / *Classification* *	**Dimensões Relevantes** / *Meaningfull Dimensions*#
--	--
--	--
--	--

Analisadas imperfeições das classes fissuras, cavidades, inclusões sólidas e falta de fusão./ *Only imperfections falling into groups: cracks, cavities, solid inclusions and lack of fusion are analysed.

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_E

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

ENSAIO MACROGRÁFICO/ *MACROGRAPHIC TEST*

Cliente: *Client*	ARSOPI		
Endereço: *Address*	Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra	**Data de recepção das amostras:** *Sample(s) reception date*	05/06/2014
Local de realização dos ensaios: *Tested at*	LabMat Norte	**Data de realização dos ensaios:** *Testing date*	16/06/2014
Local de emissão do relatório: *Issued at*	LabMat Norte	**Divulgação:** *Distribution*	Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. */ The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. */ Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 16/06/2014	Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	07/07/2014	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

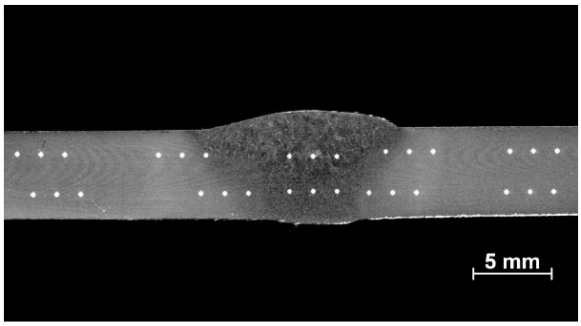
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_E

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA / *STANDARD:* **ASME IX**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T04	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material de base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*#: --	

Caso aplicável, norma de classificação de imperfeições/ *Standard*: **ISO 6520-1: 2007.**

Classificação / *Classification* *	**Dimensões Relevantes** / *Meaningfull Dimensions*#
--	--
--	--
--	--

Analisadas imperfeições das classes fissuras, cavidades, inclusões sólidas e falta de fusão./ *Only imperfections falling into groups: cracks, cavities, solid inclusions and lack of fusion are analysed.

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140323_A

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

ENSAIO MACROGRÁFICO/ *MACROGRAPHIC TEST*

Cliente: *Client* ARSOPI

Endereço: *Address* Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra

Data de recepção das amostras: *Sample(s) reception date* 04/08/2014

Local de realização dos ensaios: *Tested at* LabMat Norte

Data de realização dos ensaios: *Testing date* 06/08/2014

Local de emissão do relatório: *Issued at* LabMat Norte

Divulgação: *Distribution* Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. */ The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. */ Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 06/08/2014	Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	06/08/2014	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

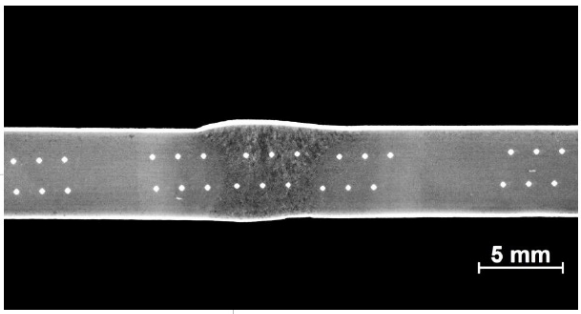
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140323_A

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA / *STANDARD:* **ASME IX**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T05	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material de base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*#: --	

Caso aplicável, norma de classificação de imperfeições/ *Standard*: **ISO 6520-1: 2007.**

Classificação / *Classification* *	**Dimensões Relevantes** / *Meaningfull Dimensions*#
--	--
--	--
--	--

Analisadas imperfeições das classes fissuras, cavidades, inclusões sólidas e falta de fusão./ *Only imperfections falling into groups: cracks, cavities, solid inclusions and lack of fusion are analysed.

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140323_E

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

ENSAIO MACROGRÁFICO/ *MACROGRAPHIC TEST*

Cliente: *Client* ARSOPI

Endereço: *Address* Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra

Data de recepção das amostras: *Sample(s) reception date* 04/08/2014

Local de realização dos ensaios: *Tested at* LabMat Norte

Data de realização dos ensaios: *Testing date* 06/08/2014

Local de emissão do relatório: *Issued at* LabMat Norte

Divulgação: *Distribution* Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. */ The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. */ Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 06/08/2014	Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	06/08/2014	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

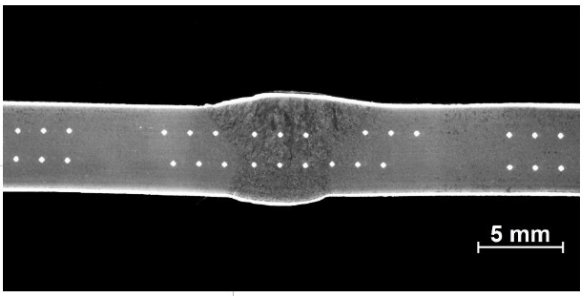
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140323_E

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA / *STANDARD:* **ASME IX**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T06	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material de base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*#: --	

Caso aplicável, norma de classificação de imperfeições/ *Standard*: **ISO 6520-1: 2007.**

Classificação / *Classification* *	**Dimensões Relevantes** / *Meaningfull Dimensions*#
--	--
--	--
--	--

Analisadas imperfeições das classes fissuras, cavidades, inclusões sólidas e falta de fusão./ *Only imperfections falling into groups: cracks, cavities, solid inclusions and lack of fusion are analysed.

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140366_A

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

ENSAIO MACROGRÁFICO/ *MACROGRAPHIC TEST*

Cliente: *Client*	ARSOPI		
Endereço: *Address*	Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra	**Data de recepção das amostras:** *Sample(s) reception date*	08/09/2014
Local de realização dos ensaios: *Tested at*	LabMat Norte	**Data de realização dos ensaios:** *Testing date*	10/09/2014
Local de emissão do relatório: *Issued at*	LabMat Norte	**Divulgação:** *Distribution*	Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. */ The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. */ Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte Data/*Date* 10/09/2014	Lília Dias Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	11/09/2014	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

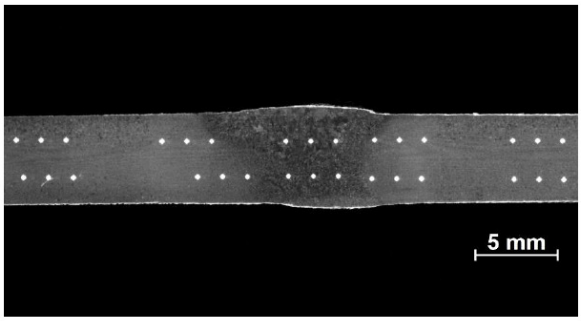
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140366_A

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA / *STANDARD:* **ASME IX**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T07	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material de base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*#**: --**	

Caso aplicável, norma de classificação de imperfeições/ *Standard*: **ISO 6520-1: 2007.**

Classificação / *Classification* *	**Dimensões Relevantes** / *Meaningfull Dimensions*#
--	--
--	--
--	--

Analisadas imperfeições das classes fissuras, cavidades, inclusões sólidas e falta de fusão./ *Only imperfections falling into groups: cracks, cavities, solid inclusions and lack of fusion are analysed.

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140431_A

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

ENSAIO MACROGRÁFICO/ *MACROGRAPHIC TEST*

Cliente: *Client*	ARSOPI		
Endereço: *Address*	Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra	**Data de recepção das amostras:** *Sample(s) reception date*	17/10/2014
Local de realização dos ensaios: *Tested at*	LabMat Norte	**Data de realização dos ensaios:** *Testing date*	21/10/2014
Local de emissão do relatório: *Issued at*	LabMat Norte	**Divulgação:** *Distribution*	Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. */ The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. */ Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 21/10/2014	Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	21/10/2014	Emissão inicial
--	--	--
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

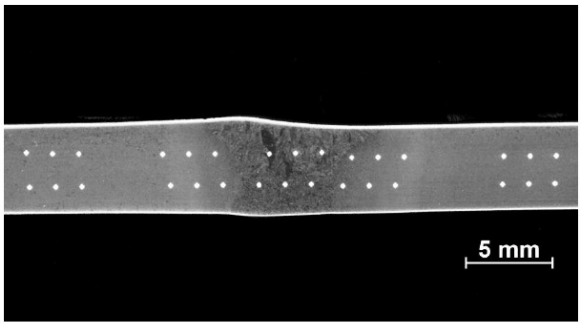
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140431_A

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA / *STANDARD:* **ASME IX**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T08	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material de base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*#**: --**	

Caso aplicável, norma de classificação de imperfeições/ *Standard*: **ISO 6520-1: 2007.**

Classificação / *Classification* *	**Dimensões Relevantes** / *Meaningfull Dimensions*#
--	--
--	--
--	--

Analisadas imperfeições das classes fissuras, cavidades, inclusões sólidas e falta de fusão./ *Only imperfections falling into groups: cracks, cavities, solid inclusions and lack of fusion are analysed.

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140471_A

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
EXAME MACROGRÁFICO EM JUNTAS SOLDADAS / *WELDED JOINT MACROGRAPHIC EXAM*

Cliente: *Client*	ARSOPI		
Endereço: *Address*	Apartado 10 - Relva - Vila Chã - 3730-954 Vale de Cambra	**Data de recepção das amostras:** *Sample(s) reception date*	13/11/2014
Local de realização dos ensaios: *Tested at*	LabMat Norte	**Data de realização dos ensaios:** *Testing date*	18/11/2014
Local de emissão do relatório: *Issued at*	LabMat Norte	**Divulgação:** *Distribution*	Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte Data/*Date* 24/11/2014	Lília Dias Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	18/11/2014	Emissão Inicial
01	12-12-2014	Correcção da morada do cliente

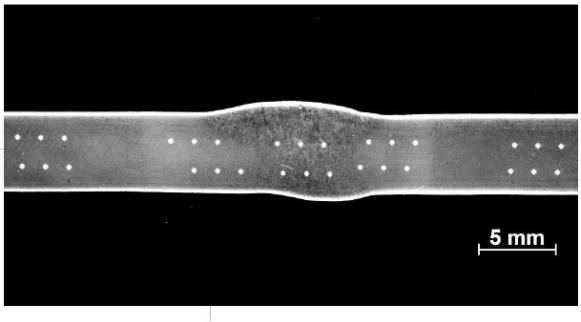
Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE
www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140471_A

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA / *STANDARD:* **ASME IX**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T09	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material de base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]**: --**	

Caso aplicável, norma de classificação de imperfeições/ *Standard*: **ISO 6520-1: 2007.**

Classificação / *Classification* *	**Dimensões Relevantes** / *Meaningfull Dimensions*[#]
--	--
--	--
--	--

Analisadas imperfeições das classes fissuras, cavidades, inclusões sólidas e falta de fusão./ *Only imperfections falling into groups: cracks, cavities, solid inclusions and lack of fusion are analysed.

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140471_E

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
EXAME MACROGRÁFICO EM JUNTAS SOLDADAS / *WELDED JOINT MACROGRAPHIC EXAM*

Cliente: *Client*	ARSOPI		
Endereço: *Address*	Apartado 10 - Relva - Vila Chã - 3730-954 Vale de Cambra	**Data de recepção das amostras:** *Sample(s) reception date*	13/11/2014
Local de realização dos ensaios: *Tested at*	LabMat Norte	**Data de realização dos ensaios:** *Testing date*	18/11/2014
Local de emissão do relatório: *Issued at*	LabMat Norte	**Divulgação:** *Distribution*	Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte Data/*Date* 24/11/2014	Lília Dias Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	18/11/2014	Emissão Inicial
01	12/12/2014	Correcção da morada do cliente

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

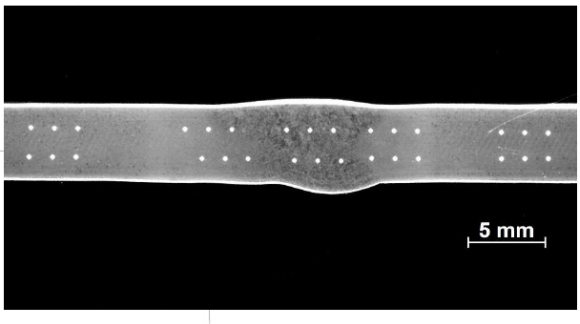
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140471_E

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA / *STANDARD:* **ASME IX**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T10	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material de base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*#**: --**	

Caso aplicável, norma de classificação de imperfeições/ *Standard*: **ISO 6520-1: 2007.**

Classificação / *Classification* *	**Dimensões Relevantes** / *Meaningfull Dimensions*#
--	--
--	--
--	--

Analisadas imperfeições das classes fissuras, cavidades, inclusões sólidas e falta de fusão./ *Only imperfections falling into groups: cracks, cavities, solid inclusions and lack of fusion are analysed.

ANEXO XXVIII

Relatórios de Ensaio Micrográfico: P_APP_T00 – P_APP_T10

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_L

L0070 Ensaios

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

ENSAIO MICROGRÁFICO/ *MICROGRAPHIC TEST*

Cliente: *Client* ARSOPI

Endereço: *Address* Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra

Data de recepção das amostras: *Sample(s) reception date* 25/06/2014

Local de realização dos ensaios: *Tested at* LABMAT Norte

Data de realização dos ensaios: *Testing date* 04/07/2014

Local de emissão do relatório: *Issued at* LABMAT Norte

Divulgação: *Distribution* Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. */ The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. */ Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 04/07/2014	Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	08/07/2014	1ª emissão
--	--	--
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

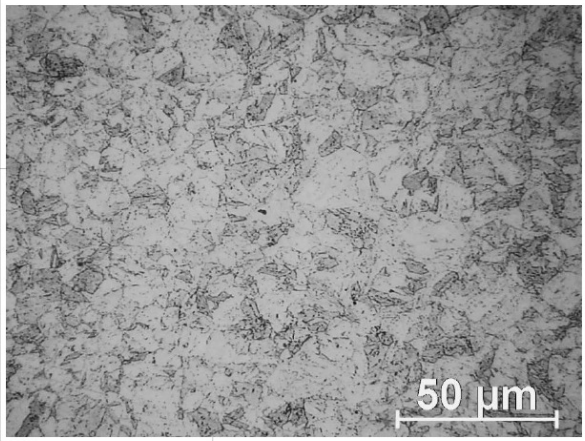
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

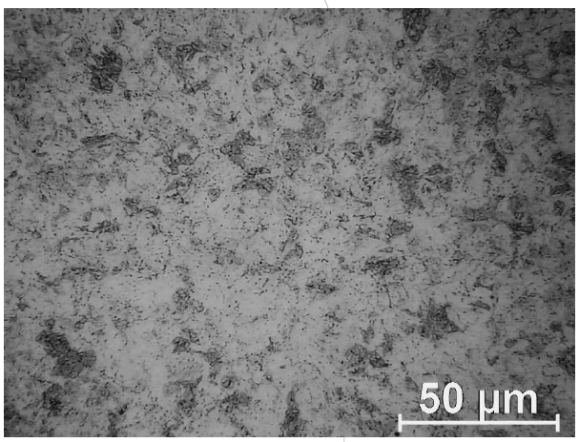
www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_L

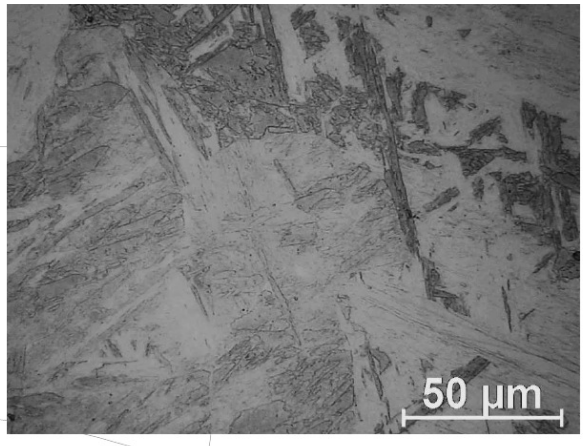
LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

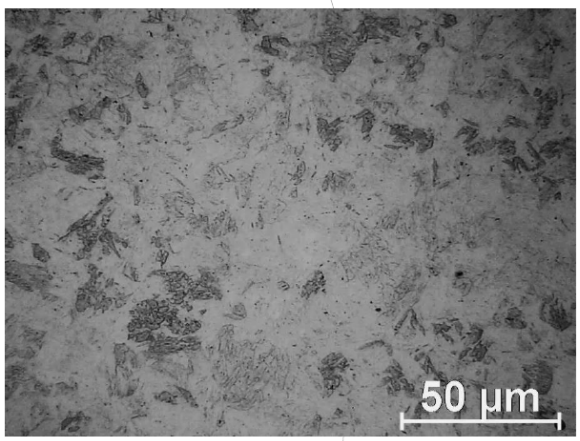
NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T00	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T00	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite. / *Microstructure composed by martensite.*	

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_L

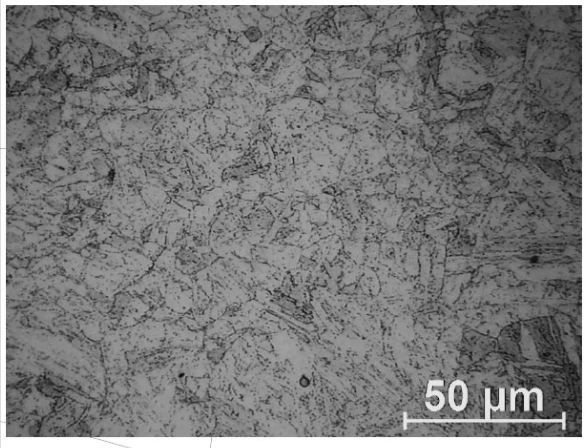
LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T00	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MF	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite. / *Microstructure composed by martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T00	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite. / *Microstructure composed by martensite.*	

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_L

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T00	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_D

L0070 Ensaios

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

ENSAIO MICROGRÁFICO/ *MICROGRAPHIC TEST*

Cliente: *Client* ARSOPI

Endereço: *Address* Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra

Data de recepção das amostras: *Sample(s) reception date* 13/05/2014

Local de realização dos ensaios: *Tested at* LABMAT Norte

Data de realização dos ensaios: *Testing date* 16/05/2014

Local de emissão do relatório: *Issued at* LABMAT Norte

Divulgação: *Distribution* Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. */ The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. */ Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 16/05/2014	Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	08/07/2014	1ª emissão
--	--	--
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

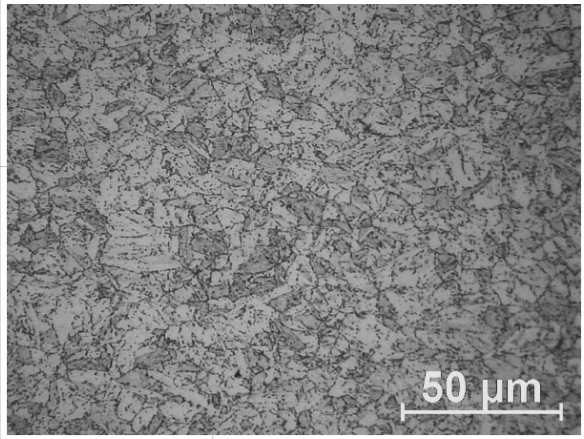
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

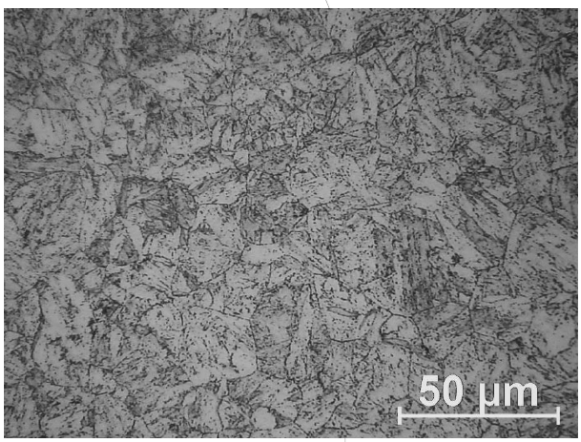
www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_D

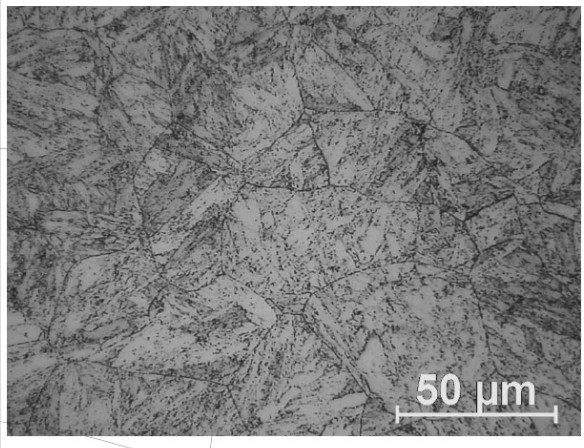
LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

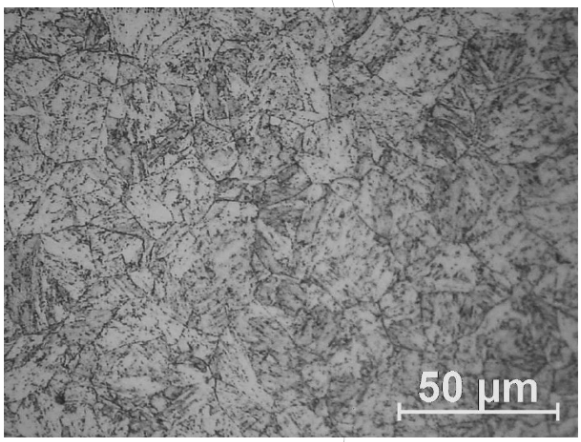
NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T01	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T01	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_D

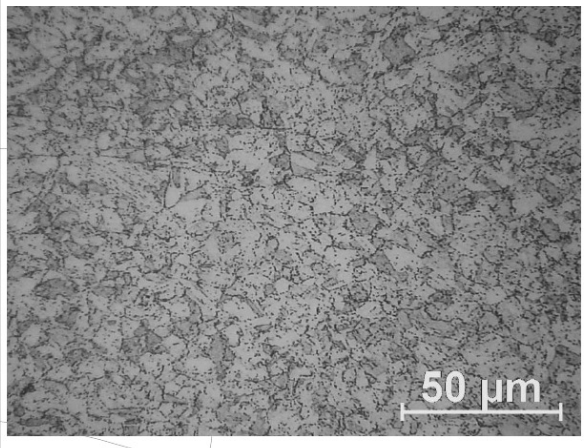
LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T01	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MF	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T01	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_D

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T01	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Villela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

LABMAT Nº PE140493_D

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
EXAME MICROGRÁFICO EM JUNTAS SOLDADAS / *WELDED JOINT MICROGRAPHIC EXAM*

Cliente: *Client* ARSOPI

Endereço: *Address* Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra

Data de recepção das amostras: *Sample(s) reception date* 04/12/2014

Local de realização dos ensaios: *Tested at* LABMAT Norte

Data de realização dos ensaios: *Testing date* 15/12/2014

Local de emissão do relatório: *Issued at* LABMAT Norte

Divulgação: *Distribution* Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte Data/*Date* 15/12/2014	Lília Dias Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	15/12/2014	Emissão inicial

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

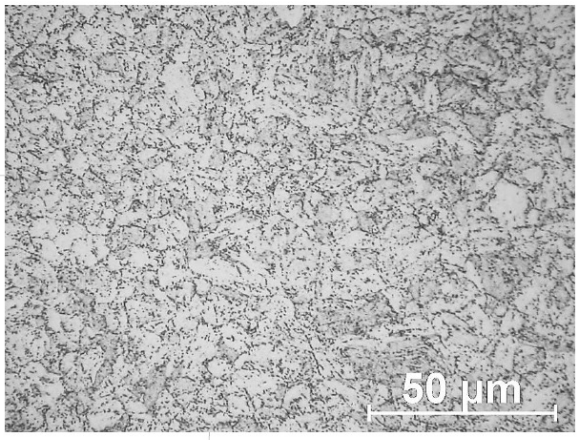
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

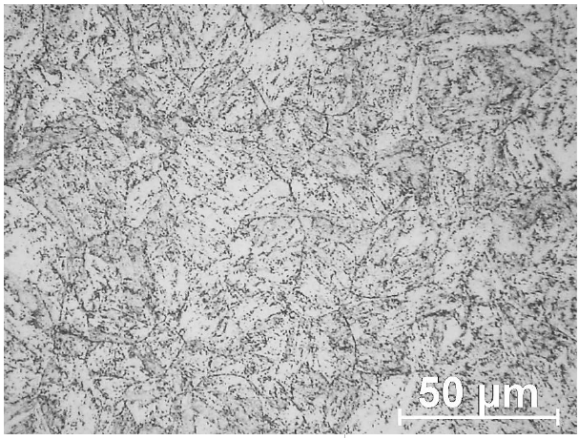
www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

LABMAT Nº PE140493_D

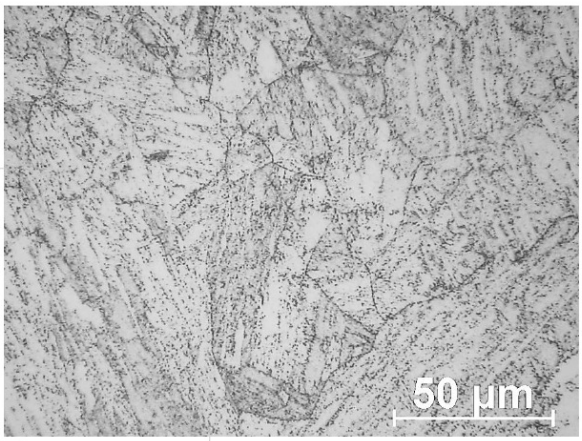
LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

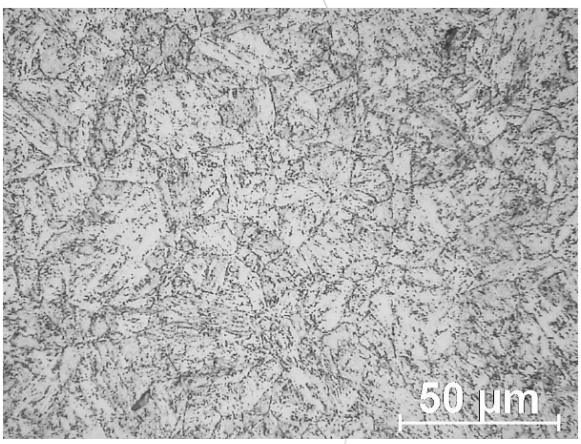
NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T02	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T02	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

LABMAT Nº PE140493_D

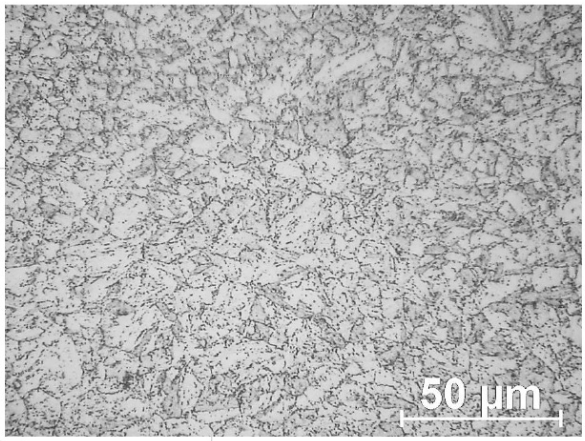
LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T02	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MF	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T02	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

LABMAT Nº PE140493_D

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T02	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	

Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*

LABMAT Nº PE140493_H

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
EXAME MICROGRÁFICO EM JUNTAS SOLDADAS / *WELDED JOINT MICROGRAPHIC EXAM*

Cliente: *Client* ARSOPI

Endereço: *Address* Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra

Data de recepção das amostras: *Sample(s) reception date* 04/12/2014

Local de realização dos ensaios: *Tested at* LABMAT Norte

Data de realização dos ensaios: *Testing date* 15/12/2014

Local de emissão do relatório: *Issued at* LABMAT Norte

Divulgação: *Distribution* Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte Data/*Date* 15/12/2014	Lília Dias Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	15/12/2014	Emissão inicial

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

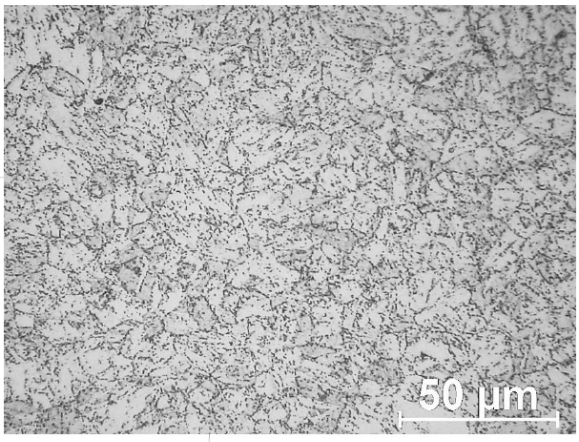
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

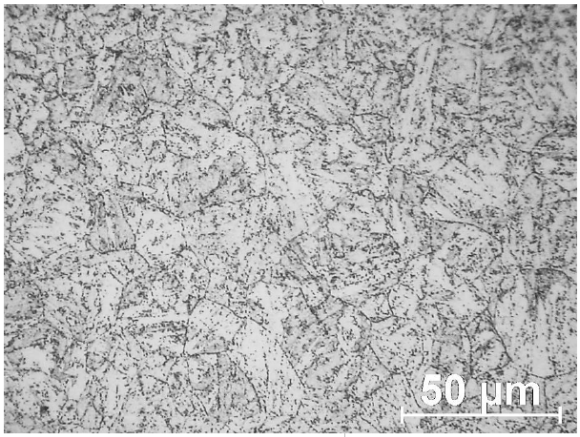
www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

LABMAT Nº PE140493_H

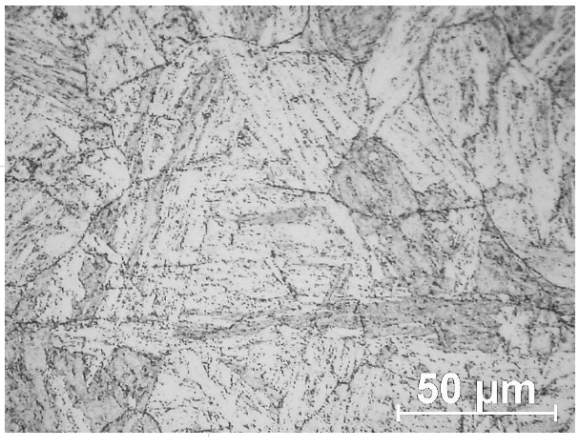
LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

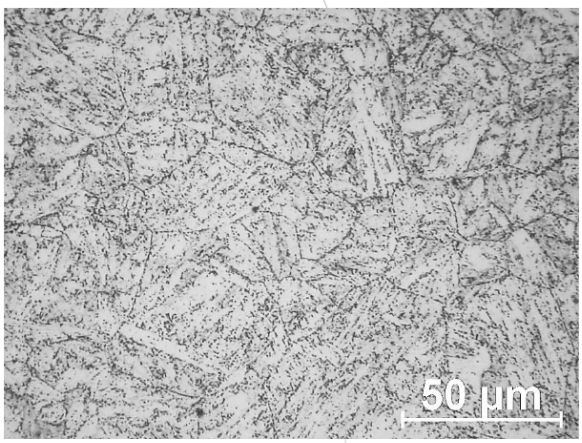
NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T03	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T03	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

LABMAT Nº PE140493_H

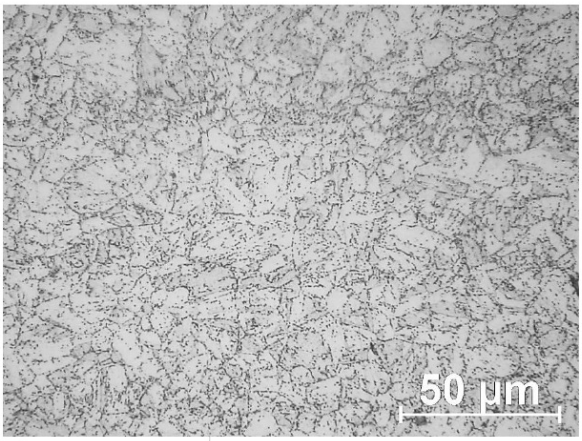
LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T03	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MF	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T03	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

LABMAT Nº PE140493_H

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T03	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	

Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_H

L0070 Ensaios

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

ENSAIO MICROGRÁFICO/ *MICROGRAPHIC TEST*

Cliente: *Client* ARSOPI

Endereço: *Address* Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra

Data de recepção das amostras: *Sample(s) reception date* 05/06/2014

Local de realização dos ensaios: *Tested at* LABMAT Norte

Data de realização dos ensaios: *Testing date* 16/06/2014

Local de emissão do relatório: *Issued at* LABMAT Norte

Divulgação: *Distribution* Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. */ The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. */ Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 16/06/2014	Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	08/07/2014	1ª emissão
--	--	--
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

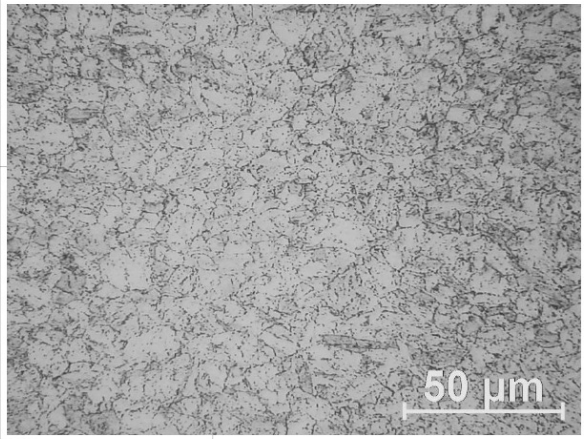
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

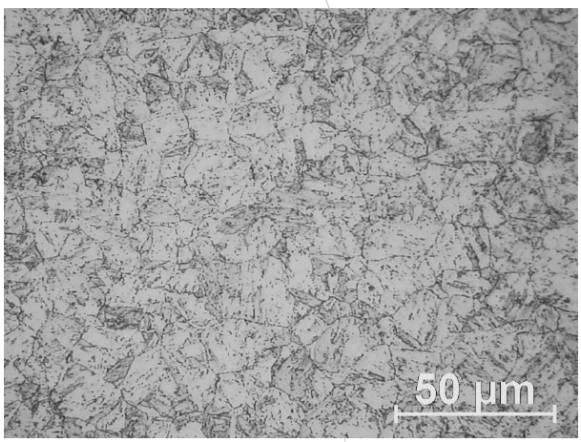
www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_H

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

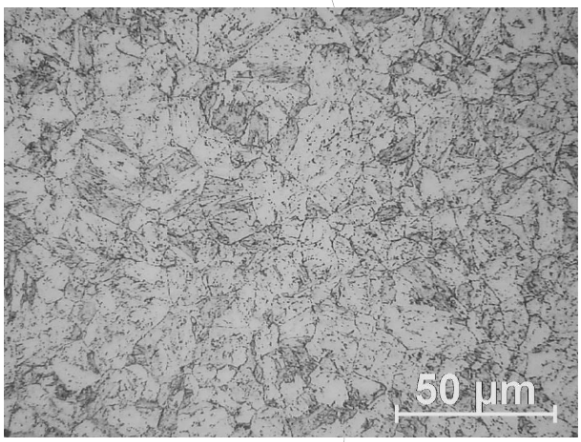
NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T04	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T04	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_H

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T04	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MF	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T04	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140255_H

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T04	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140323_D

L0070 Ensaios

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

ENSAIO MICROGRÁFICO/ *MICROGRAPHIC TEST*

Cliente: *Client* ARSOPI

Endereço: *Address* Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra

Data de recepção das amostras: *Sample(s) reception date* 04/08/2014

Local de realização dos ensaios: *Tested at* LABMAT Norte

Data de realização dos ensaios: *Testing date* 05/08/2014

Local de emissão do relatório: *Issued at* LABMAT Norte

Divulgação: *Distribution* Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. */ The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. */ Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 05/08/2014	Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	06/08/2014	1ª emissão
--	--	--
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

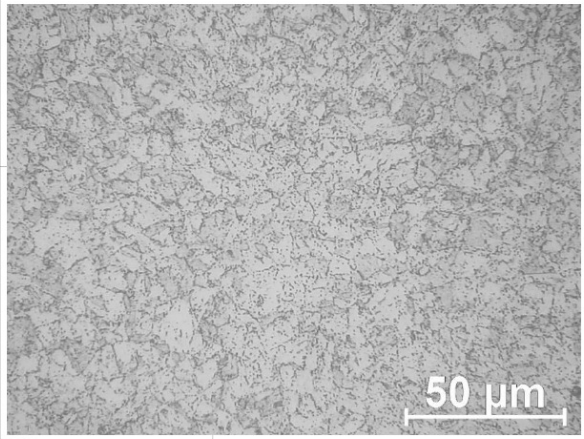
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

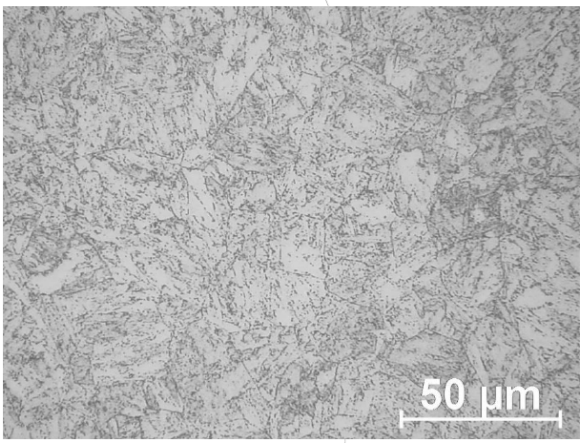
www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140323_D

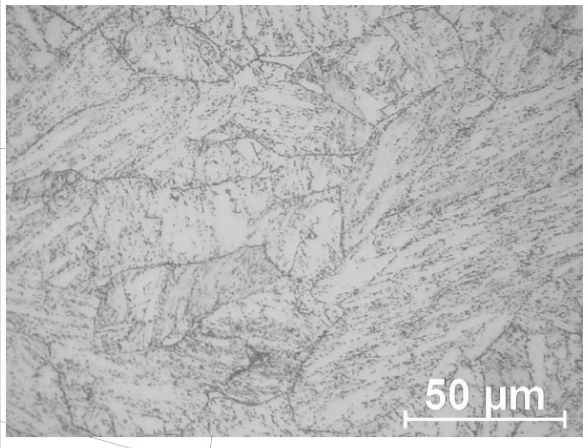
LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

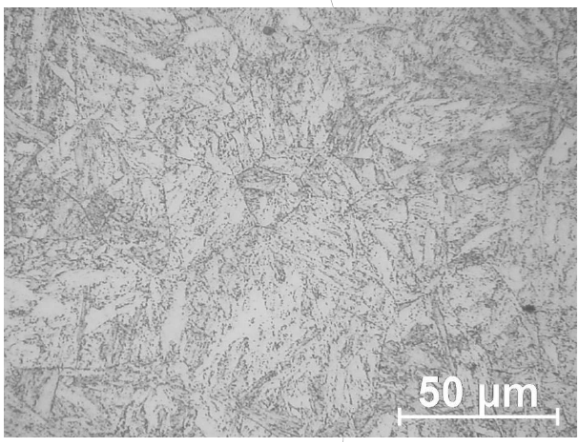
NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T05	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T05	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140323_D

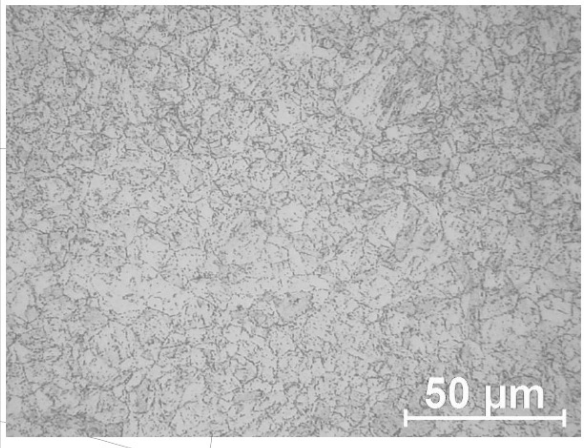
LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T05	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MF	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T05	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140323_D

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T05	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Villela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*": Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140323_H

L0070 Ensaios

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

ENSAIO MICROGRÁFICO/ *MICROGRAPHIC TEST*

Cliente: *Client* ARSOPI

Endereço: *Address* Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra

Data de recepção das amostras: *Sample(s) reception date* 04/08/2014

Local de realização dos ensaios: *Tested at* LABMAT Norte

Data de realização dos ensaios: *Testing date* 05/08/2014

Local de emissão do relatório: *Issued at* LABMAT Norte

Divulgação: *Distribution* Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. */ The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. */ Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 05/08/2014	Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	06/08/2014	1ª emissão
--	--	--
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

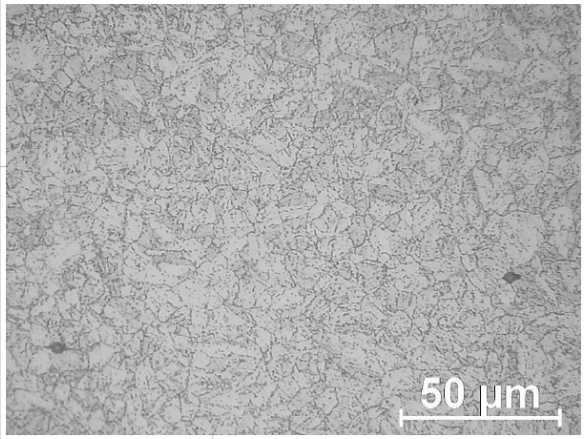
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

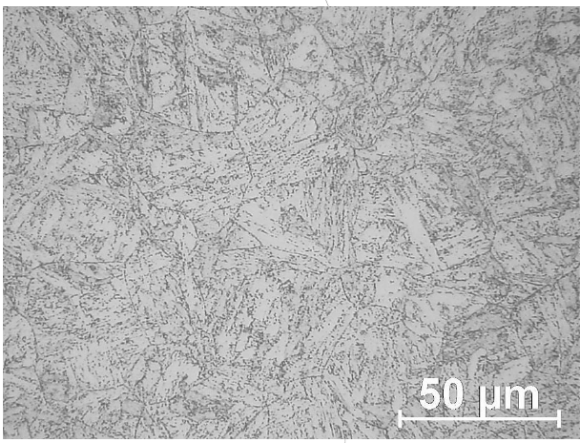
www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140323_H

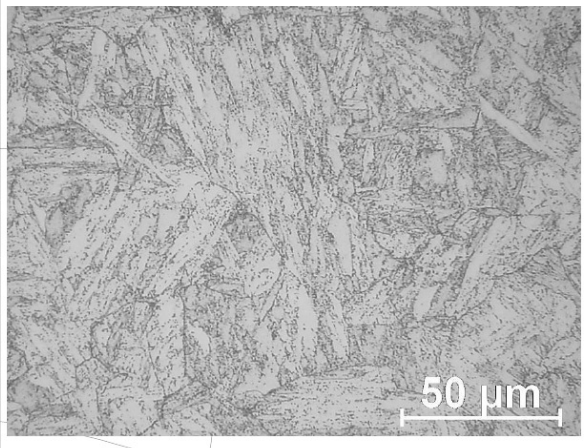
LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

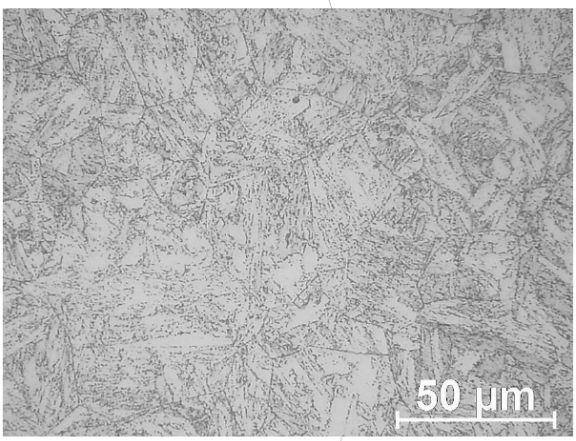
NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T06	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T06	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140323_H

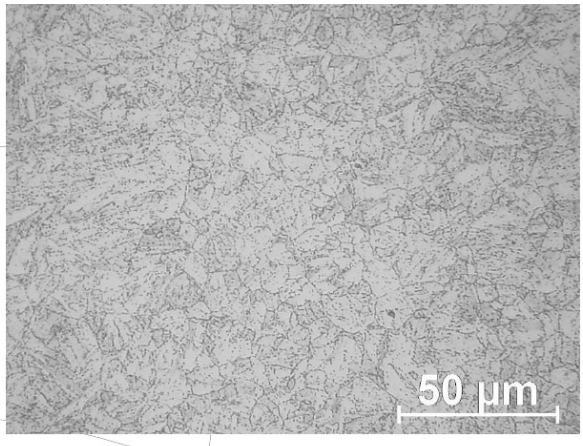
LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T06	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MF	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*#: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T06	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*#: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140323_H

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T06	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Villela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*": Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140366_D

L0070 Ensaios

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

ENSAIO MICROGRÁFICO/ *MICROGRAPHIC TEST*

Cliente: *Client* ARSOPI

Endereço: *Address* Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra

Data de recepção das amostras: *Sample(s) reception date* 08/09/2014

Local de realização dos ensaios: *Tested at* LABMAT Norte

Data de realização dos ensaios: *Testing date* 10/09/2014

Local de emissão do relatório: *Issued at* LABMAT Norte

Divulgação: *Distribution* Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. */ The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. */ Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 23/10/2014	Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	11/09/2014	1ª emissão
01	23/10/2014	Substituição das micrografias por umas com ampliação original de 500x.
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

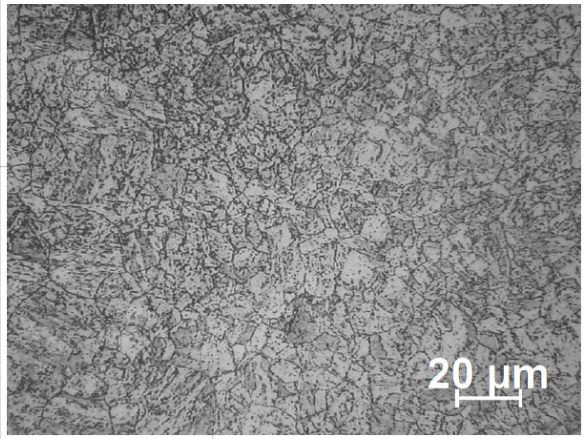
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

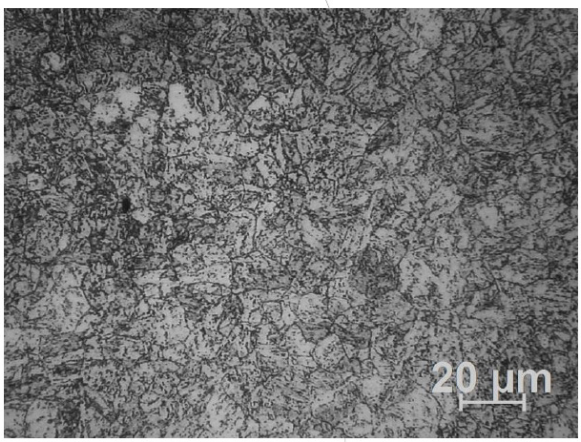
www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140366_D

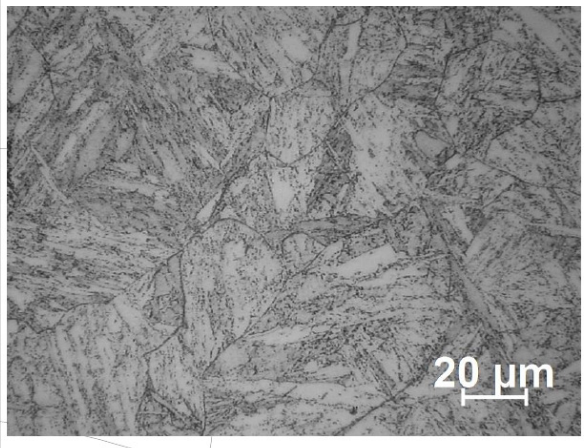
LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

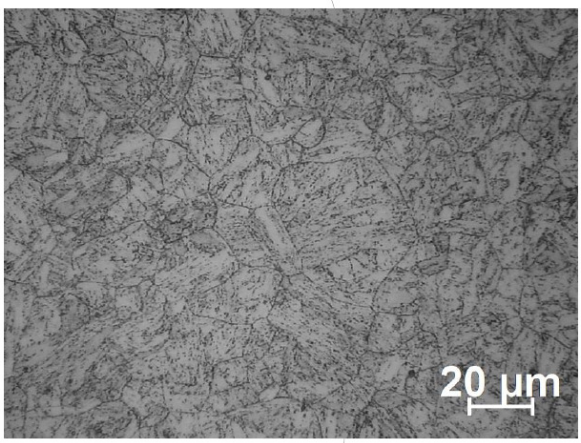
NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T07	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T07	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140366_D

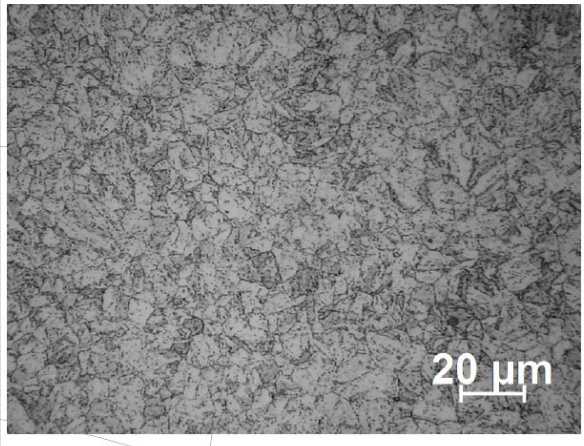
LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T07	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MF	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T07	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140366_D

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T07	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*#: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140431_D

L0070 Ensaios

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

ENSAIO MICROGRÁFICO/ *MICROGRAPHIC TEST*

Cliente: *Client* ARSOPI

Endereço: *Address* Apartado 10 - Relva - Vila Chã 3730-954 Vale de Cambra

Data de recepção das amostras: *Sample(s) reception date* 17/10/2014

Local de realização dos ensaios: *Tested at* LABMAT Norte

Data de realização dos ensaios: *Testing date* 21/10/2014

Local de emissão do relatório: *Issued at* LABMAT Norte

Divulgação: *Distribution* Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/*Date* 21/10/2014	Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	21/10/2014	1ª emissão
--	--	--
--	--	--

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

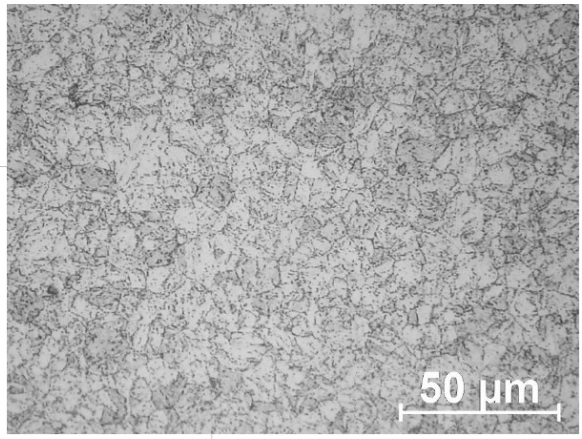
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

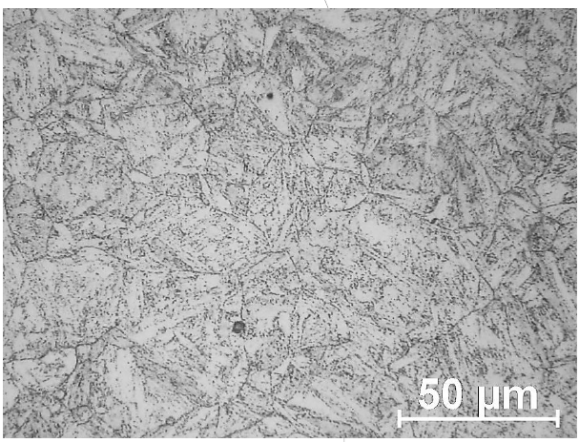
www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140431_D

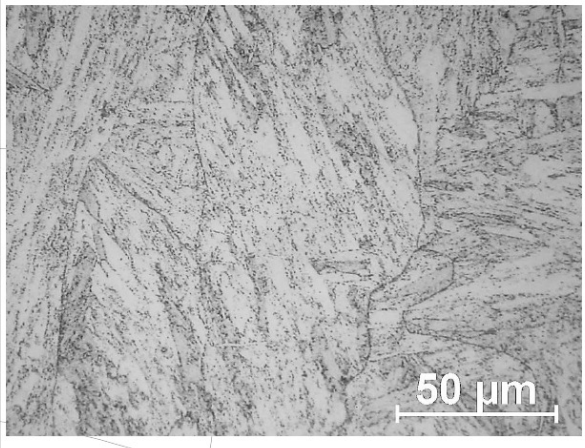
LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

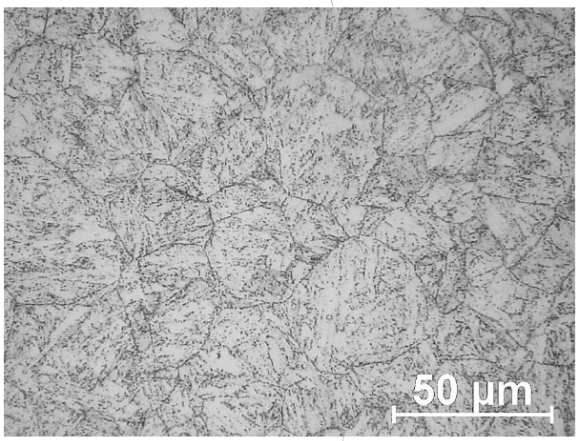
NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T08	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T08	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140431_D

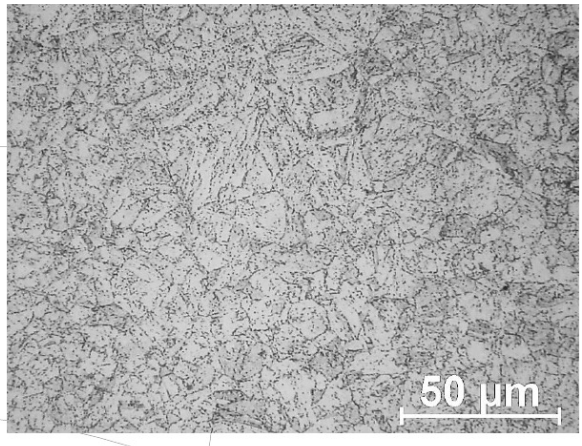
LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T08	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MF	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T08	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

PEP Nº --
LABMAT Nº PE140431_D

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T08	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

LABMAT Nº PE140471_D

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
EXAME MICROGRÁFICO EM JUNTAS SOLDADAS / *WELDED JOINT MICROGRAPHIC EXAM*

Cliente: *Client* ARSOPI

Endereço: *Address* Apartado 10 - Relva - Vila Chã - 3730-954 Vale de Cambra

Data de recepção das amostras: *Sample(s) reception date* 13/11/2014

Local de realização dos ensaios: *Tested at* LABMAT Norte

Data de realização dos ensaios: *Testing date* 18/11/2014

Local de emissão do relatório: *Issued at* LABMAT Norte

Divulgação: *Distribution* Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte Data/*Date* 24/11/2014	Lília Dias Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	18/11/2014	Emissão inicial
01	12/12/2014	Correcção da morada do cliente

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

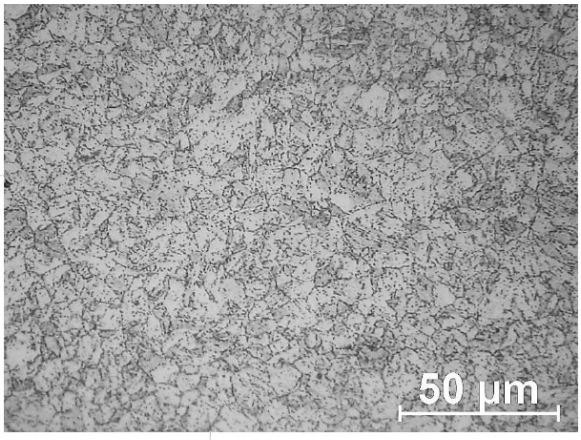
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

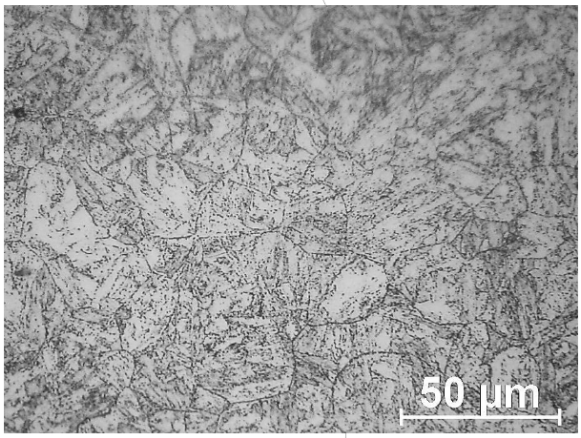
www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

LABMAT Nº PE140471_D

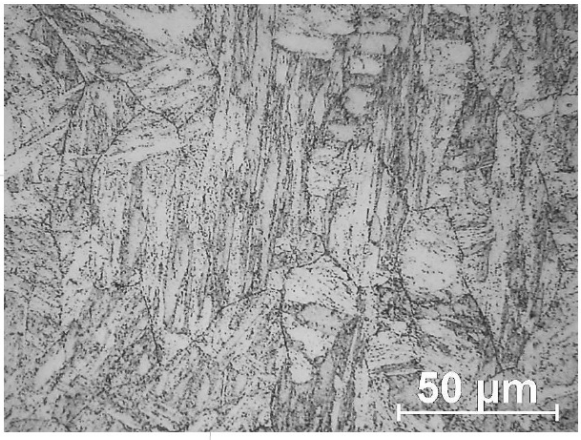
LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

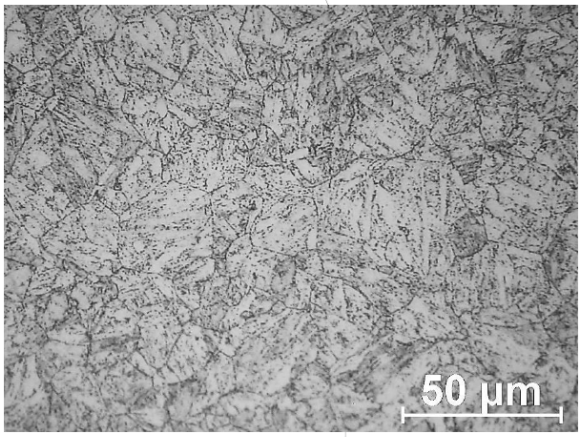
NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T09	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T09	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

LABMAT Nº PE140471_D

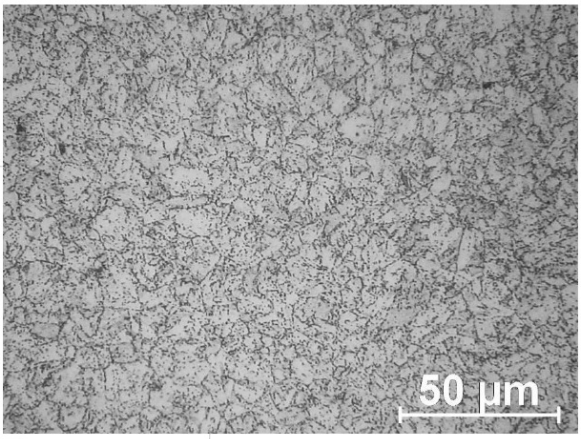
LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T09	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MF	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T09	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

LABMAT Nº PE140471_D

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T09	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	

Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*

LABMAT Nº PE140471_H

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
EXAME MICROGRÁFICO EM JUNTAS SOLDADAS / *WELDED JOINT MICROGRAPHIC EXAM*

Cliente: *Client* ARSOPI

Endereço: *Address* Apartado 10 - Relva - Vila Chã - 3730-954 Vale de Cambra

Data de recepção das amostras: *Sample(s) reception date* 13/11/2014

Local de realização dos ensaios: *Tested at* LABMAT OEIRAS

Data de realização dos ensaios: *Testing date* 18/11/2014

Local de emissão do relatório: *Issued at* LABMAT OEIRAS

Divulgação: *Distribution* Confidencial/*Confidential*

NOTA/*NOTE*:

Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*

A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*

O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*

A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsibility of sampling lies with the client.*

As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued By*:	Aprovado por / *Approved by*:
Vasco Duarte Data/*Date* 24/11/2014	Lília Dias Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / *Comments*
00	18/11/2014	Emissão inicial
01	12/12/2014	Correcção da morada do cliente

Este Boletim anula e substitui eventuais versões anteriores. / *This report supersedes the previous one.*

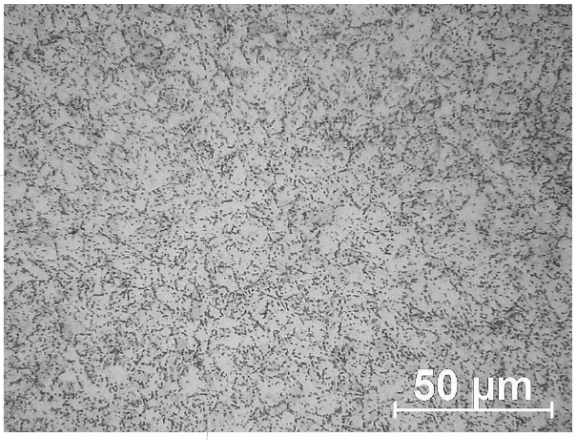
ISQ – INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

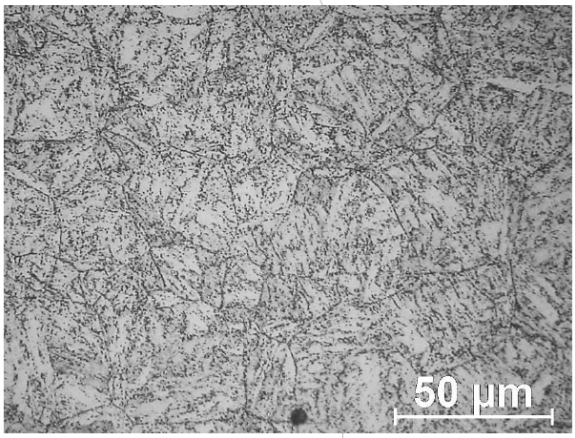
www.isq.pt
labmat@isq.pt

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº33, Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
LABMAT Norte - Rua do Mirante N.º258; 4415-441 – Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

LABMAT Nº PE140471_H

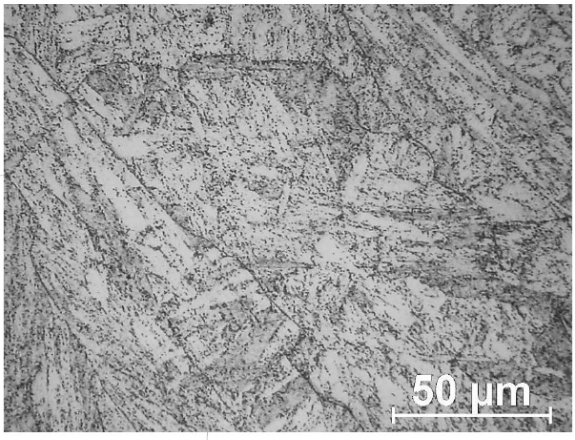
LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

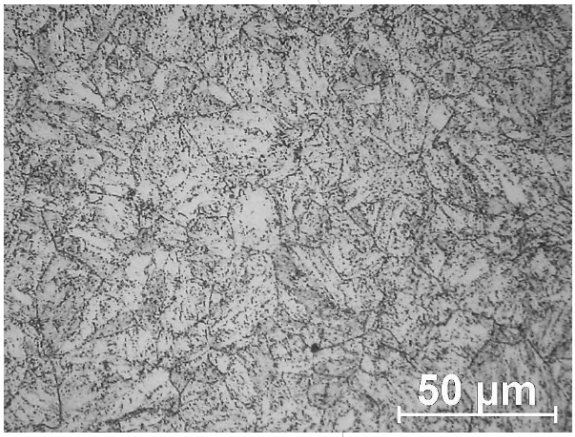
NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T10	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T10	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA1	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

LABMAT Nº PE140471_H

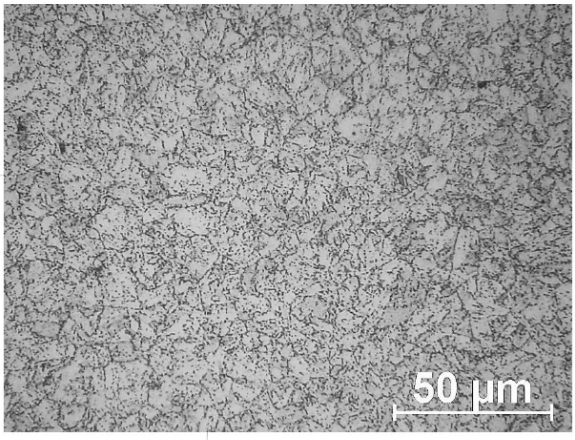
LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T10	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MF	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T10	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: ZTA2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

LABMAT Nº PE140471_H

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

NORMA: *STANDARD* **EN 1321: 1996**	
Referência da amostra / *Test specimen*: T APP T10	
Processo de soldadura / *Welding process*: GTAW	
Material de adição / *Weld material:* ER90S-B9	
Material base/ *Parent material*: SA 213 T91	
Localização/ *Location*: MB2	
Orientação da secção / *Section orientation:* Transversal	
Reagente de contrastação/*Etchant*: Vilela	
Ampliação /*Magnification*: --	
Observação / *Observation*[#]: Microestrutura constituída por martensite revenida. / *Microstructure composed by tempered martensite.*	

ANEXO XXIX

Relatórios de Ensaio de Tração à Temperatura Ambiente (20 °C):

P_APP_T00 – P_APP_T10

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140455_A

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

IPAC acreditação L0070 Ensaios

ENSAIO DE TRACÇÃO/ *TENSILE TEST*

CLIENTE: ARSOPI-IND.METAL.ARLINDO S.PINHO,SA
CLIENT Engº António Pinho
MORADA DO CLIENTE: ----
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-06-27	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-06-27
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Oeiras	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Oeiras

DIVULGAÇÃO Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/NOTE:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final repoit deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Bruno Silva Marta Freitas Data/ *Date:* 2014-07-07	Marta Freitas Responsável Técnico da UEM Convencionais e Betão/ UEM Conventional and Concrete Technical Supervisor

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ASME IX: 2010, QW 196.2.2		
Descrição do produto *Product description*	Provetes Maquinados; Refª Corpo de Prova: T APP T00 s/ TT	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW (Posição 2G)
Material de base *Parent material*	SA 213 T91, s/TT	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismático	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	20ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	2014-07-07	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140455_A

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*						**Tensão** / *Tensile*						
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness*	Largura/ diâmetro/ *Width diameter*	Secção inicial/ *Initial section*	Comp. Refª/ *Gauge length*	Temp. Ensaio/ *Test temp.*	Cedência/ *Yield Strength*	Rotura/ *Tensile Strength*	Extensão após rotura/ *Elongation after fracture*	Extensão total na carga máx/ *Total elongation max. force*	Coef. Estricção/ *Reduction of Area*	Módulo de Elasticidade/ *Young Modulus*	**OBS.**
	a mm	b mm	So mm^2	Lo mm	ºC	Rp0.2% MPa	Rm MPa	*A* %	*Agt* # %	*Z* %	*E* GPa	
T00_T1	5.2	13.0	67.6	----	20	575	711	14.1	----	----	----	MB
T00_T2	5.7	12.8	73.0	----	20	542	681	14.8	----	----	----	MB
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

Legenda/ *Legend:*
MS-rotura na soldadura/*Weld rupture;* MB-rotura no material base/*Parent material rupture;* RD-Rotura do tipo dúctil/Dúctil fracture;
RF-Rotura do tipo frágil/*Brittle fracture*
OBS:

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140365_A

LABMAT - LABORATORIO DE MATERIAIS

IPAC acreditação L0070 Ensaios

ENSAIO DE TRACÇÃO/ *TENSILE TEST*

CLIENTE: ARSOPI-IND.METAL.ARLINDO S.PINHO,SA
CLIENT Eng.º António Pedro Pinho
MORADA DO CLIENTE: ----
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-05-14	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-05-15
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Oeiras	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Oeiras

DIVULGAÇÃC Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/NOTE:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Adilson Andrade Data/ *Date:* 2014-06-27	Marta Freitas Responsável Técnico da UEM Convencionais e Betão/ UEM Conventional and Concrete Technical Supervisor

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ASME IX: 2010 (secções QW150 a 153)		
Descrição do produto *Product description*	Provetes Maquinados; Ref.ª Amostras: T APP T01	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	PRISMÁTICO	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	21ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	2014-07-04	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140365_A

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*					Temp. Ensaio/ *Test temp.*	**Tensão** / *Tensile*		Extensão após rotura/ *Elongation after fracture*	Extensão total na carga máx/ *Total elongation max. force*	Coef. Estricção/ *Reduction of Area*	Módulo de Elasticidade/ *Young Modulus*	**OBS.**
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness*	Largura/ diâmetro/ *Width diameter*	Secção inicial/ *Initial section*	Comp. Refª/ *Gauge length*		Cedência/ *Yield Strength*	Rotura/ *Tensile Strength*					
	a mm	b mm	So mm^2	Lo mm	ºC	Re MPa	Rm MPa	*A* %	*Agt #* %	Z %	*E* GPa	
T1	5.5	12.9	71.0	----	21	533	699	23.8	----	----	----	MB
T2	5.4	13.0	70.2	----	21	518	693	25.7	----	----	----	MB
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140802_A

LABMAT - LABORATORIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
UNIAXIAL DE TRACÇÃO/ *UNIAXIAL TENSILE*

CLIENTE: ARSOPI-IND.METAL.ARLINDO S.PINHO,SA
CLIENT ----
MORADA DO CLIENTE: Apartado 10
ADDRESS Relva - Vila Chã
3730-954 Vale de Cambra

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: 2014-12-11
SAMPLES RECEPTION DATE
DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: 2014-12-15
TESTING DATE
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: LABMAT Oeiras
TESTED AT
LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO: LABMAT Oeiras
ISSUED AT
DIVULGAÇÃO: Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/NOTE:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Inês Barroso Data/ *Date:* 2015-12-15	Marta Freitas Responsável Técnico da UEM Convencionais e Betão/ UEM Conventional and Concrete Technical Supervisor

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ASME IX: 2010, QW-196.2.2.		
Veloc. no Regime Elastico *Elastic Behavior Rate*	1.5 %/min	**Veloc. no Regime Plástico** *Plastic Behavior Rate*	6 mm/min
Descrição do produto *Product description*	Provetes Maquinados; Ref.ª Amostras: T APP T02 c/ Alivio de Tensões	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW (Posição 2G)
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	PRISMÁTICO	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	22ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	2014-12-17	Emissão Inicial
01	2015-04-24	Correcção da data de emissão do relatório, correcção temperatura ambiente

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140802_A

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*						**Tensão /** *Tensile*						
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness*	Largura/ diâmetro/ *Width diameter*	Secção inicial/ *Initial section*	Comp. Refª/ *Gauge length*	Temp. Ensaio/ *Test temp.*	Cedência/ *Yield Strength*	Rotura/ *Tensile Strength*	Extensão após rotura/ *Elongation after fracture*	Extensão total na carga máx/ *Total elongation max. force*	Coef. Estricção/ *Reduction of Area*	Módulo de Elasticidade/ *Young Modulus*	**OBS.**
	a	b	So	Lo		Rp0.2%	Rm	*A*	*Agt* #	Z	*E*	
	mm	mm	mm^2	mm	ºC	MPa	MPa	%	%	%	GPa	
T APP T02_T1	5.6	13.1	73.4	50.17	21	512.0	665	17.6	----	----	----	MB
T APP T02_T2	5.5	13.1	72.1	50.21	21	509.0	666	15.3	----	----	----	MB
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140803_A

LABMAT - LABORATORIO DE MATERIAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
UNIAXIAL DE TRACÇÃO/ *UNIAXIAL TENSILE*

CLIENTE: ARSOPI-IND.METAL.ARLINDO S.PINHO,SA
CLIENT ----
MORADA DO CLIENTE: Apartado 10
ADDRESS Relva - Vila Chã
3730-954 Vale de Cambra

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-12-11	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-12-15
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Oeiras	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Oeiras

DIVULGAÇÃO: Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/NOTE:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Inês Barroso Data/ *Date:* 2015-12-15	Marta Freitas Responsável Técnico da UEM Convencionais e Betão/ UEM Conventional and Concrete Technical Supervisor

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ASME IX: 2010, QW-196.2.2.		
Veloc. no Regime Elastico *Elastic Behavior Rate*	1.5 %/min	**Veloc. no Regime Plástico** *Plastic Behavior Rate*	6 mm/min
Descrição do produto *Product description*	Provetes Maquinados; Ref.ª Amostras: T APP T03 c/ Alivio de Tensões	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW (Posição 2G)
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	PRISMÁTICO	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	22ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	2014-12-17	Emissão Inicial
01	2015-04-24	Correcção da data de emissão do relatório; correcção temperatura ambiente

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140803_A

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*					Temp. Ensaio/ *Test temp.*	**Tensão** / *Tensile*		Extensão após rotura/ *Elongation after fracture*	Extensão total na carga máx/ *Total elongation max. force*	Coef. Estricção/ *Reduction of Area*	Módulo de Elasticidade/ *Young Modulus*	**OBS.**
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness*	Largura/ diâmetro/ *Width diameter*	Secção inicial/ *Initial section*	Comp. Refª/ *Gauge length*		Cedência/ *Yield Strength*	Rotura/ *Tensile Strength*					
	a mm	b mm	So mm^2	Lo mm	ºC	Rp0.2% MPa	Rm MPa	*A* %	*Agt #* %	Z %	*E* GPa	
T APP T03_T1	5.6	13.2	73.9	50.32	21	511.0	548	17.3	----	----	----	MB
T APP T03_T2	5.6	13.2	73.9	50.22	21	507.0	548	17.8	----	----	----	MB
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140551_A

LABMAT - LABORATORIO DE MATERIAIS

IPAC acreditação L0070 Ensaios

ENSAIO DE TRACÇÃO/ *TENSILE TEST*

CLIENTE: ARSOPI-IND.METAL.ARLINDO S.PINHO,SA
CLIENT ----
MORADA DO CLIENTE: ----
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-08-07	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-08-12
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Oeiras	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Oeiras

DIVULGAÇÃC Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/NOTE:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Adilson Andrade	Marta Freitas
Data/ *Date:* 2014-08-13	Responsável Técnico da UEM Convencionais e Betão/ UEM Conventional and Concrete Technical Supervisor

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ASME IX: 2010, QW-196.2.2, QB-170 a 172		
Descrição do produto *Product description*	Provetes maquinados; Ref.ª Corpo de Prova: T APP T04	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismático	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	22 ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	2014-08-14	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140551_A

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*						**Tensão** / *Tensile*						
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness*	Largura/ diâmetro/ *Width diameter*	Secção inicial/ *Initial section*	Comp. Refª/ *Gauge length*	Temp. Ensaio/ *Test temp.*	Cedência/ *Yield Strength*	Rotura/ *Tensile Strength*	Extensão após rotura/ *Elongation after fracture*	Extensão total na carga máx/ *Total elongation max. force*	Coef. Estricção/ *Reduction of Area*	Módulo de Elasticidade/ *Young Modulus*	**OBS.**
	a	b	So	Lo		Rp0.2%	Rm	*A*	*Agt* #	Z	*E*	
	mm	mm	mm^2	mm	ºC	MPa	MPa	%	%	%	GPa	
T APP T04_T1	5.7	13.1	74.7	----	22	478	633	16.6	----	----	----	MB
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140552_A

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

ENSAIO DE TRACÇÃO/ *TENSILE TEST*

CLIENTE: ARSOPI-IND.METAL.ARLINDO S.PINHO,SA
CLIENT ----
MORADA DO CLIENTE: ----
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-08-07	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-08-13
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Oeiras	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Oeiras

DIVULGAÇÃO Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/NOTE:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final repoit deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Adilson Andrade Data/ *Date:* 2014-08-14	Marta Freitas Responsável Técnico da UEM Convencionais e Betão/ UEM Conventional and Concrete Technical Supervisor

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ASME IX: 2010, QW 196.2.2.		
Descrição do produto *Product description*	Provete maquinado; Ref. Corpo de prova: T APP 05	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW, posição 2G (sem pré aquecimento)
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismático	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	21 ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	2014-08-14	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140552_A

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*						**Tensão** / *Tensile*						
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness*	Largura/ diâmetro/ *Width diameter*	Secção inicial/ *Initial section*	Comp. Refª/ *Gauge length*	Temp. Ensaio/ *Test temp.*	Cedência/ *Yield Strength*	Rotura/ *Tensile Strength*	Extensão após rotura/ *Elongation after fracture*	Extensão total na carga máx/ *Total elongation max. force*	Coef. Estricção/ *Reduction of Area*	Módulo de Elasticidade/ *Young Modulus*	**OBS.**
	a mm	b mm	So mm^2	Lo mm	ºC	Rp0.2% MPa	Rm MPa	*A* %	*Agt* # %	*Z* %	*E* GPa	
T APP T05_T1	5.3	13.0	68.9	----	21	504	672	17.4	----	----	----	----
T APP T05_T2	5.2	13.0	67.6	----	21	515	684	19.8	----	----	----	----
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

Legenda/ *Legend:*
MS-rotura na soldadura/*Weld rupture;* MB-rotura no material base/*Parent material rupture;* RD-Rotura do tipo dúctil/Dúctil fracture;
RF-Rotura do tipo frágil/*Brittle fracture*
OBS:

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140553_A

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

ENSAIO DE TRACÇÃO/ *TENSILE TEST*

CLIENTE: ARSOPI-IND.METAL.ARLINDO S.PINHO,SA
CLIENT ----
MORADA DO CLIENTE: ----
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-08-07	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-08-12
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Oeiras	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Oeiras

DIVULGAÇÃO Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/NOTE:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final repoit deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Marta Freitas Data/ *Date:* 2014-08-14	Marta Freitas Responsável Técnico da UEM Convencionais e Betão/ UEM Conventional and Concrete Technical Supervisor

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ASME IX: 2010, QW-196.2.2.		
Descrição do produto *Product description*	Provete maquinado; Ref. Corpo de prova: T APP 06	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW (sem pré aquecimento)
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismático	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	21 ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	2014-08-14	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140553_A

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*						**Tensão** / *Tensile*						
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness* a mm	Largura/ diâmetro/ *Width diameter* b mm	Secção inicial/ *Initial section* So mm^2	Comp. Refª/ *Gauge length* Lo mm	Temp. Ensaio/ *Test temp.* ºC	Cedência/ *Yield Strength* Rp0.2% MPa	Rotura/ *Tensile Strength* Rm MPa	Extensão após rotura/ *Elongation after fracture* A %	Extensão total na carga máx/ *Total elongation max. force* Agt # %	Coef. Estricção/ *Reduction of Area* Z %	Módulo de Elasticidade/ *Young Modulus* E GPa	**OBS.**
T APP T06_T1	5.4	13.0	70.2	----	21	479	632	15.6	----	----	----	----
T APP T06_T2	5.2	13.0	67.6	----	21	506	671	17.6	----	----	----	----
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

Legenda/ *Legend:*
MS-rotura na soldadura/*Weld rupture;* MB-rotura no material base/*Parent material rupture;* RD-Rotura do tipo dúctil/Dúctil fracture;
RF-Rotura do tipo frágil/*Brittle fracture*
OBS:

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140631_A

LABMAT - LABORATORIO DE MATERIAIS

ENSAIO DE TRACÇÃO/ *TENSILE TEST*

CLIENTE: ARSOPI-IND.METAL.ARLINDO S.PINHO,SA
CLIENT ----
MORADA DO CLIENTE: ----
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-09-15	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-09-23
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Oeiras	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Oeiras

DIVULGAÇÃC Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/NOTE:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Inês Barroso Data/ *Date:* 2014-10-15	Marta Freitas Responsável Técnico da UEM Convencionais e Betão/ UEM Conventional and Concrete Technical Supervisor

Procedimento / Norma
Procedure / Standard

Descrição do produto *Product description*	Provetes Maquinados; Refª Corpo Prova: T APP T07	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW
Material de base *Parent material*	SA 23 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismático	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	21ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	2014-10-17	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140631_A

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*						**Tensão /** *Tensile*						
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness* a mm	Largura/ diâmetro/ *Width diameter* b mm	Secção inicial/ *Initial section* So mm^2	Comp. Refª/ *Gauge length* Lo mm	Temp. Ensaio/ *Test temp.* ºC	Cedência/ *Yield Strength* Rp0.2% MPa	Rotura/ *Tensile Strength* Rm MPa	Extensão após rotura/ *Elongation after fracture* A %	Extensão total na carga máx/ *Total elongation max. force* Agt # %	Coef. Estricção/ *Reduction of Area* Z %	Módulo de Elasticidade/ *Young Modulus* E GPa	**OBS.**
T1	5.1	13.0	66.3	----	21	526	695	13.3	----	----	----	MB
T2	5.1	13.1	66.8	----	21	524	696	8.5	----	----	----	MB
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140709_A

LABMAT - LABORATORIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
UNIAXIAL DE TRACÇÃO/ *UNIAXIAL TENSILE*

CLIENTE: ARSOPI-IND.METAL.ARLINDO S.PINHO,SA
CLIENT ----
MORADA DO CLIENTE: Apartado 10
ADDRESS Relva - Vila Chã
3730-954 Vale de Cambra

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: 2014-10-22
SAMPLES RECEPTION DATE
DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: 2014-10-23
TESTING DATE
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: LABMAT Oeiras
TESTED AT
LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO: LABMAT Oeiras
ISSUED AT
DIVULGAÇÃO: Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/NOTE:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Inês Barroso Data/ *Date:* 2014-12-10	Marta Freitas Responsável Técnico da UEM Convencionais e Betão/ UEM Conventional and Concrete Technical Supervisor

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ASME IX: 2010, QW-196.2.2.		
Veloc. no Regime Elastico *Elastic Behavior Rate*	1.5 %/min	**Veloc. no Regime Plástico** *Plastic Behavior Rate*	6.0 mm/min
Descrição do produto *Product description*	Provetes Maquinados; Ref.ª Amostras: T APP T08 (c/ Alivio de Tensões)	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW (Posição soldadura: 2G)
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	PRISMÁTICO	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	22 ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	2014-12-11	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140709_A

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*						**Tensão** / *Tensile*						
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness*	Largura/ diâmetro/ *Width diameter*	Secção inicial/ *Initial section*	Comp. Refª/ *Gauge length*	Temp. Ensaio/ *Test temp.*	Cedência/ *Yield Strength*	Rotura/ *Tensile Strength*	Extensão após rotura/ *Elongation after fracture*	Extensão total na carga máx/ *Total elongation max. force*	Coef. Estricção/ *Reduction of Area*	Módulo de Elasticidade/ *Young Modulus*	**OBS.**
	a	b	So	Lo		Rp0.2%	Rm	*A*	*Agt* #	Z	*E*	
	mm	mm	mm^2	mm	ºC	MPa	MPa	%	%	%	GPa	
T APP T08_T1	5.1	13.0	66.3	50.00	21	519.0	690	16.0	----	----	----	MB
T APP T08_T2	5.1	13.0	66.3	49.90	21	510.0	673	14.2	----	----	----	MB
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140754_A

LABMAT - LABORATORIO DE MATERIAIS

IPAC acreditação L0070 Ensaios

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
UNIAXIAL DE TRACÇÃO/ *UNIAXIAL TENSILE*

CLIENTE: ARSOPI-IND.METAL.ARLINDO S.PINHO,SA
CLIENT ----
MORADA DO CLIENTE: Apartado 10
ADDRESS Relva - Vila Chã
3730-954 Vale de Cambra

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-11-22	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-11-28
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Oeiras	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Oeiras

DIVULGAÇÃO: Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/NOTE:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Inês Barroso Data/ *Date:* 2014-12-11	Marta Freitas Responsável Técnico da UEM Convencionais e Betão/ UEM Conventional and Concrete Technical Supervisor

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ASME IX: 2010, QW-196.2.2.		
Veloc. no Regime Elastico *Elastic Behavior Rate*	1.5 %/min	**Veloc. no Regime Plástico** *Plastic Behavior Rate*	6 mm/min
Descrição do produto *Product description*	Provetes Maquinados; Ref.ª Amostras: T APP T09 e T APP T10 (c/ Alivio de Tensões)	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW (Posição soldadura: 2G)
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	PRISMÁTICO	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	22 ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	2014-12-11	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140754_A

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*					Temp. Ensaio/ *Test temp.*	**Tensão /** *Tensile*		Extensão após rotura/ *Elongation after fracture*	Extensão total na carga máx/ *Total elongation max. force*	Coef. Estricção/ *Reduction of Area*	Módulo de Elasticidade/ *Young Modulus*	**OBS.**
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness*	Largura/ diâmetro/ *Width diameter*	Secção inicial/ *Initial section*	Comp. Refª/ *Gauge length*		Cedência/ *Yield Strength*	Rotura/ *Tensile Strength*					
	a mm	b mm	So mm^2	Lo mm	ºC	Rp0.2% MPa	Rm MPa	*A* %	*Agt #* %	Z %	*E* GPa	
T APP T09_T1	5.1	13.1	66.8	45.90	21	508.0	673	14.6	----	----	----	MB
T APP T09_T2	5.1	13.0	66.3	46.70	21	515.0	683	15.2	----	----	----	MB
TAPP T10_T1	5.1	13.2	67.3	45.30	21	502.0	665	15.7	----	----	----	MB
TAPP T10_T2	5.1	13.2	67.3	46.00	21	541.0	692	13.5	----	----	----	MB
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

ANEXO XXX

Relatórios de Ensaio de Tração a Alta temperatura (600 °C): P_APP_T00 – P_APP_T10

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140455_B

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

ENSAIO DE TRACÇÃO/ *TENSILE TEST*

CLIENTE: ARSOPI-IND.METAL.ARLINDO S.PINHO,SA
CLIENT Engº António Pinho
MORADA DO CLIENTE: ----
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-06-27	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-07-01
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Oeiras	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Oeiras

DIVULGAÇÃO Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/NOTE:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final repoit deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Bruno Silva Marta Freitas Data/ *Date:* 2014-07-07	Marta Freitas Responsável Técnico da UEM Convencionais e Betão/ UEM Conventional and Concrete Technical Supervisor

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ISO 6892-2: 2010, Método B		
Descrição do produto *Product description*	Provetes Maquinados; Refª Corpo de Prova: T APP T00 s/ TT	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW (Posição 2G)
Material de base *Parent material*	SA 213 T91, s/TT	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismático	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	21ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	2014-07-07	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140455_B

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*						**Tensão** / *Tensile*						
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness*	Largura/ diâmetro/ *Width diameter*	Secção inicial/ *Initial section*	Comp. Refª/ *Gauge length*	Temp. Ensaio/ *Test temp.*	Cedência/ *Yield Strength*	Rotura/ *Tensile Strength*	Extensão após rotura/ *Elongation after fracture*	Extensão total na carga máx/ *Total elongation max. force*	Coef. Estricção/ *Reduction of Area*	Módulo de Elasticidade/ *Young Modulus*	**OBS.**
	a mm	b mm	So mm^2	Lo mm	ºC	Rp0.2% MPa	Rm MPa	*A* %	*Agt* # %	*Z* %	*E* GPa	
T1	5.6	5.5	30.8	----	600	350	405	14.4	----	----	----	MB
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140398_A

LABMAT - LABORATORIO DE MATERIAIS

ENSAIO DE TRACÇÃO/ *TENSILE TEST*

CLIENTE: ARSOPI-IND.METAL.ARLINDO S.PINHO,SA
CLIENT Eng.º António Pedro Pinho
MORADA DO CLIENTE: ----
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-05-29	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-05-15
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Oeiras	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Oeiras

DIVULGAÇÃC Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/NOTE:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Bruno Silva Marta Freitas Data/ *Date:* 2014-07-04	Marta Freitas Responsável Técnico da UEM Convencionais e Betão/ UEM Conventional and Concrete Technical Supervisor

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ISO 6892-2: 2010, Método B		
Descrição do produto *Product description*	Provetes Maquinados; Ref.ª Amostras: T APP T01	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	PRISMÁTICO	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	21ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	2014-07-04	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140398_A

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*						**Tensão** / *Tensile*						
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness* a mm	Largura/ diâmetro/ *Width diameter* b mm	Secção inicial/ *Initial section* So mm²	Comp. Refª/ *Gauge length* Lo mm	Temp. Ensaio/ *Test temp.* ºC	Cedência/ *Yield Strength* Re MPa	Rotura/ *Tensile Strength* Rm MPa	Extensão após rotura/ *Elongation after fracture* A %	Extensão total na carga máx/ *Total elongation max. force* Agt # %	Coef. Estricção/ *Reduction of Area* Z %	Módulo de Elasticidade/ *Young Modulus* E GPa	**OBS.**
T1	4.5	6.1	27.5	----	600	331	377	16.3	----	----	----	MB
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140802_B

LABMAT - LABORATORIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
UNIAXIAL DE TRACÇÃO/ *UNIAXIAL TENSILE*

CLIENTE: ARSOPI-IND.METAL.ARLINDO S.PINHO,SA
CLIENT ----
MORADA DO CLIENTE: Apartado 10
ADDRESS Relva - Vila Chã
3730-954 Vale de Cambra

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: 2014-12-11
SAMPLES RECEPTION DATE
DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: 2014-12-11
TESTING DATE
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: LABMAT Oeiras
TESTED AT
LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO: LABMAT Oeiras
ISSUED AT
DIVULGAÇÃO: Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/NOTE:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Inês Barroso Data/ *Date:* 2015-12-15	Marta Freitas Responsável Técnico da UEM Convencionais e Betão/ UEM Conventional and Concrete Technical Supervisor

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ISO 6892-2: 2010, Método B		
Veloc. no Regime Elastico *Elastic Behavior Rate*	7 kN/min	**Veloc. no Regime Plástico** *Plastic Behavior Rate*	7 mm/min
Descrição do produto *Product description*	Provetes Maquinados; Ref.ª Amostras: T APP T02 c/ Alivio de Tensões	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW (Posição 2G)
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	PRISMÁTICO	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	22 ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	2014-12-17	Emissão Inicial
01	2015-04-24	Correcção da data de emissão do relatório

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140802_B

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*					Temp. Ensaio/ *Test temp.*	**Tensão** / *Tensile*		Extensão após rotura/ *Elongation after fracture*	Extensão total na carga máx/ *Total elongation max. force*	Coef. Estricção/ *Reduction of Area*	Módulo de Elasticidade/ *Young Modulus*	**OBS.**
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness*	Largura/ diâmetro/ *Width diameter*	Secção inicial/ *Initial section*	Comp. Refª/ *Gauge length*		Cedência/ *Yield Strength*	Rotura/ *Tensile Strength*					
	a mm	b mm	So mm²	Lo mm	ºC	Rp0.2% MPa	Rm MPa	*A* %	*Agt #* %	Z %	*E* GPa	
T APP T02_T1	5.7	6.0	34.2	39.80	600	234.9	339	15.8	----	----	----	MB
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140803_B

LABMAT - LABORATORIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
UNIAXIAL DE TRACÇÃO/ *UNIAXIAL TENSILE*

CLIENTE: ARSOPI-IND.METAL.ARLINDO S.PINHO,SA
CLIENT ----
MORADA DO CLIENTE: Apartado 10
ADDRESS Relva - Vila Chã
3730-954 Vale de Cambra

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-12-11	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-12-11
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Oeiras	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Oeiras

DIVULGAÇÃO: Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/NOTE:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Inês Barroso Data/ *Date:* 2015-12-15	Marta Freitas Responsável Técnico da UEM Convencionais e Betão/ UEM Conventional and Concrete Technical Supervisor

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ISO 6892-2: 2010, Método B		
Veloc. no Regime Elastico *Elastic Behavior Rate*	7 kN/min	**Veloc. no Regime Plástico** *Plastic Behavior Rate*	7 mm/min
Descrição do produto *Product description*	Provetes Maquinados; Ref.ª Amostras: T APP T03 c/ Alivio de Tensões	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW (Posição 2G)
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	PRISMÁTICO	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	22 ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	2014-12-17	Emissão Inicial
01	2015-04-24	Correcção da data de emissão do relatório

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140803_B

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*						**Tensão /** *Tensile*						
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness*	Largura/ diâmetro/ *Width diameter*	Secção inicial/ *Initial section*	Comp. Refª/ *Gauge length*	Temp. Ensaio/ *Test temp.*	Cedência/ *Yield Strength*	Rotura/ *Tensile Strength*	Extensão após rotura/ *Elongation after fracture*	Extensão total na carga máx/ *Total elongation max. force*	Coef. Estricção/ *Reduction of Area*	Módulo de Elasticidade/ *Young Modulus*	**OBS.**
	a	b	So	Lo		Rp0.2%	Rm	*A*	*Agt #*	Z	*E*	
	mm	mm	mm^2	mm	ºC	MPa	MPa	%	%	%	GPa	
T APP T03_T1	5.7	6.1	34.8	38.30	600	287.2	345	18.3	----	----	----	MB
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140434_B

LABMAT - LABORATORIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

ENSAIO DE TRACÇÃO/ *TENSILE TEST*

CLIENTE: ARSOPI-IND.METAL.ARLINDO S.PINHO,SA
CLIENT Engº António Pinho
MORADA DO CLIENTE: ----
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-06-11	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-06-24
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Oeiras	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Oeiras

DIVULGAÇÃC Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/NOTE:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Bruno Silva Marta Freitas Data/ *Date:* 2014-06-23	Marta Freitas Responsável Técnico da UEM Convencionais e Betão/ UEM Conventional and Concrete Technical Supervisor

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ISO 6892-2: 2010, Método B		
Descrição do produto *Product description*	Provetes Maquinados; Refª Corpo de Prova: T APP T04	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismático	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	21ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	2014-07-04	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140434_B

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*					Temp. Ensaio/ *Test temp.*	**Tensão** / *Tensile*		Extensão após rotura/ *Elongation after fracture*	Extensão total na carga máx/ *Total elongation max. force*	Coef. Estricção/ *Reduction of Area*	Módulo de Elasticidade/ *Young Modulus*	**OBS.**
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness*	Largura/ diâmetro/ *Width diameter*	Secção inicial/ *Initial section*	Comp. Refª/ *Gauge length*		Cedência/ *Yield Strength*	Rotura/ *Tensile Strength*					
	a mm	b mm	So mm^2	Lo mm	ºC	Re MPa	Rm MPa	*A* %	*Agt #* %	Z %	*E* GPa	
T1	4.2	5.9	24.8	----	600	244	354	15.8	----	----	----	MB
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140552_B

LABMAT - LABORATORIO DE MATERIAIS

ENSAIO DE TRACÇÃO/ *TENSILE TEST*

CLIENTE: ARSOPI-IND.METAL.ARLINDO S.PINHO,SA
CLIENT ----
MORADA DO CLIENTE: ----
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-08-07	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-08-07
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Oeiras	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Oeiras

DIVULGAÇÃC Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/NOTE:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Adilson Andrade Marta Freitas Data/ *Date:* 2014-08-14	Marta Freitas Responsável Técnico da UEM Convencionais e Betão/ UEM Conventional and Concrete Technical Supervisor

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ISO 6892-2: 2011, Metodo B		
Descrição do produto *Product description*	Provete maquinado; Ref. Corpo de prova: T APP 05	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW, posição 2G (sem pré aquecimento)
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismático	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	21 ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	2014-08-14	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140552_B

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*						**Tensão** / *Tensile*						
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness* a mm	Largura/ diâmetro/ *Width diameter* b mm	Secção inicial/ *Initial section* So mm^2	Comp. Refª/ *Gauge length* Lo mm	Temp. Ensaio/ *Test temp.* ºC	Cedência/ *Yield Strength* Rp0.2% MPa	Rotura/ *Tensile Strength* Rm MPa	Extensão após rotura/ *Elongation after fracture* A %	Extensão total na carga máx/ *Total elongation max. force* Agt # %	Coef. Estricção/ *Reduction of Area* Z %	Módulo de Elasticidade/ *Young Modulus* E GPa	**OBS.**
T APP T05_T1	----	6.1	29.2	----	600	283	347	21.6	----	----	----	----
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140553_B

LABMAT - LABORATORIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

ENSAIO DE TRACÇÃO/ *TENSILE TEST*

CLIENTE: ARSOPI-IND.METAL.ARLINDO S.PINHO,SA
CLIENT ----
MORADA DO CLIENTE: ----
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-08-07	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-08-08
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Oeiras	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Oeiras

DIVULGAÇÃC Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/NOTE:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Marta Freitas Data/ *Date:* 2014-08-14	Marta Freitas Responsável Técnico da UEM Convencionais e Betão/ UEM Conventional and Concrete Technical Supervisor

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ISO 6892-2: 2011, Método B		
Descrição do produto *Product description*	Provete maquinado; Ref. Corpo de prova: T APP 06	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW (sem pré aquecimento)
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismático	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	21 ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	2014-08-14	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140553_B

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*						**Tensão** / *Tensile*						
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness* a mm	Largura/ diâmetro/ *Width diameter* b mm	Secção inicial/ *Initial section* So mm²	Comp. Refª/ *Gauge length* Lo mm	Temp. Ensaio/ *Test temp.* ºC	Cedência/ *Yield Strength* Rp0.2% MPa	Rotura/ *Tensile Strength* Rm MPa	Extensão após rotura/ *Elongation after fracture* *A* %	Extensão total na carga máx/ *Total elongation max. force* *Agt #* %	Coef. Estricção/ *Reduction of Area* Z %	Módulo de Elasticidade/ *Young Modulus* *E* GPa	**OBS.**
T APP T06_T1	6.1	5.2	31.7	----	600	289	342	14.9	----	----	----	----
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140631_C

LABMAT - LABORATORIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
UNIAXIAL DE TRACÇÃO/ *UNIAXIAL TENSILE*

CLIENTE: ARSOPI-IND.METAL.ARLINDO S.PINHO,SA
CLIENT ----
MORADA DO CLIENTE: ----
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-11-20	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-12-10
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Oeiras	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Oeiras

DIVULGAÇÃO: Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/NOTE:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Inês Barroso Data/ *Date:* 2014-12-11	Marta Freitas Responsável Técnico da UEM Convencionais e Betão/ UEM Conventional and Concrete Technical Supervisor

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ISO 6892-2: 2009; Método B		
Veloc. no Regime Elastico *Elastic Behavior Rate*	7 kN/min	**Veloc. no Regime Plástico** *Plastic Behavior Rate*	7 mm/min
Descrição do produto *Product description*	Provetes Maquinados; Refª Corpo Prova: T APP T07	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW
Material de base *Parent material*	SA 23 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismático	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	21ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	2014-12-11	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140631_C

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*						**Tensão** / *Tensile*						
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness*	Largura/ diâmetro/ *Width diameter*	Secção inicial/ *Initial section*	Comp. Refª/ *Gauge length*	Temp. Ensaio/ *Test temp.*	Cedência/ *Yield Strength*	Rotura/ *Tensile Strength*	Extensão após rotura/ *Elongation after fracture*	Extensão total na carga máx/ *Total elongation max. force*	Coef. Estricção/ *Reduction of Area*	Módulo de Elasticidade/ *Young Modulus*	**OBS.**
	a	b	So	Lo		Rp0.2%	Rm	*A*	*Agt* #	Z	*E*	
	mm	mm	mm^2	mm	ºC	MPa	MPa	%	%	%	GPa	
T APP T07_T1	5.1	6.1	31.1	39.10	600	277	337	14.6	----	----	----	MB
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140709_B

LABMAT - LABORATORIO DE MATERIAIS

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
UNIAXIAL DE TRACÇÃO/ *UNIAXIAL TENSILE*

CLIENTE: ARSOPI-IND.METAL.ARLINDO S.PINHO,SA
CLIENT ----
MORADA DO CLIENTE: Apartado 10
ADDRESS Relva - Vila Chã
3730-954 Vale de Cambra

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-10-22	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	#VALUE!
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Oeiras	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Oeiras

DIVULGAÇÃO: Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/NOTE:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Inês Barroso Marta Freitas Data/ *Date:* 2014-12-10	Marta Freitas Responsável Técnico da UEM Convencionais e Betão/ UEM Conventional and Concrete Technical Supervisor

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ISO 6892-2: 2010, Método B		
Veloc. no Regime Elastico *Elastic Behavior Rate*	7 kN/min	**Veloc. no Regime Plástico** *Plastic Behavior Rate*	7 mm/min
Descrição do produto *Product description*	Provetes Maquinados; Ref.ª Amostras: T APP T08 (c/ Alivio de Tensões)	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW (Posição soldadura: 2G)
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	PRISMÁTICO	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	22 ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	2014-12-11	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140709_B

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*					Temp. Ensaio/ *Test temp.*	**Tensão /** *Tensile*		Extensão após rotura/ *Elongation after fracture*	Extensão total na carga máx/ *Total elongation max. force*	Coef. Estricção/ *Reduction of Area*	Módulo de Elasticidade/ *Young Modulus*	**OBS.**
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness*	Largura/ diâmetro/ *Width diameter*	Secção inicial/ *Initial section*	Comp. Refª/ *Gauge length*		Cedência/ *Yield Strength*	Rotura/ *Tensile Strength*					
	a mm	b mm	So mm^2	Lo mm	ºC	Rp0.2% MPa	Rm MPa	*A* %	*Agt #* %	Z %	*E* GPa	
T App T08_T1	5.1	6.0	30.6	39.00	600	301	362	16.7	----	----	----	MB
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140754_B

LABMAT - LABORATORIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
UNIAXIAL DE TRACÇÃO/ *UNIAXIAL TENSILE*

CLIENTE: ARSOPI-IND.METAL.ARLINDO S.PINHO,SA
CLIENT ----
MORADA DO CLIENTE: Apartado 10
ADDRESS Relva - Vila Chã
3730-954 Vale de Cambra

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-11-22	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-11-28
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Oeiras	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Oeiras

DIVULGAÇÃO: Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/NOTE:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Inês Barroso Data/ *Date:* 2014-12-11	Marta Freitas Responsável Técnico da UEM Convencionais e Betão/ UEM Conventional and Concrete Technical Supervisor

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ISO 6892-2: 2010, Método B		
Veloc. no Regime Elastico *Elastic Behavior Rate*	7 kN/min	**Veloc. no Regime Plástico** *Plastic Behavior Rate*	7 mm/min
Descrição do produto *Product description*	Provetes Maquinados; Ref.ª Amostras: T APP T09 e T APP T10 (c/ Alivio de Tensões)	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW (Posição soldadura: 2G)
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	PRISMÁTICO	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	22 ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	2014-12-11	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: EM140754_B

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*						**Tensão** / *Tensile*						
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness*	Largura/ diâmetro/ *Width diameter*	Secção inicial/ *Initial section*	Comp. Refª/ *Gauge length*	Temp. Ensaio/ *Test temp.*	Cedência/ *Yield Strength*	Rotura/ *Tensile Strength*	Extensão após rotura/ *Elongation after fracture*	Extensão total na carga máx/ *Total elongation max. force*	Coef. Estricção/ *Reduction of Area*	Módulo de Elasticidade/ *Young Modulus*	**OBS.**
	a	b	So	Lo		Rp0.2%	Rm	*A*	*Agt* #	Z	*E*	
	mm	mm	mm^2	mm	ºC	MPa	MPa	%	%	%	GPa	
T APP T09_T1	5.2	6.1	31.7	39.50	600	285.2	336	14.4	----	----	----	MB
T APP T10_T1	5.1	6.1	31.1	38.30	600	296.9	353	17.8	----	----	----	MB
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

ANEXO XXXI

Relatórios de ensaio de dobragem: P_APP_T00 – P_APP_T10

PEP N.º: --
LABMAT Nº: PE140255_K

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

ENSAIO DE DOBRAGEM-REDOBRAGEM/ *BEND-REBEND TEST*

CLIENTE: ARSOPI
CLIENT --
MORADA DO CLIENTE: Apartado 10 - Relva - Vila Chã - 3730-954 Vale de Cambra
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-06-25	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-07-01
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Norte	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Norte

DIVULGAÇÃO: Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/*NOTE*:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/ *Date:* 2014-07-01	Técnica Superior de Laboratório/ *Laboratory Technician*

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ASME IX:2010 (secção QW-160 a 163, QB-160 a 163)	**Tratamento Térmico** *Heat Treatment*	--
Descrição do produto *Product description*	Provetes maquinados Ref.ª: T APP T00	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismáticos	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	23,8ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	07-07-2014	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: --
LABMAT Nº: PE140255_K

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*			Diâmetro mandril/ *Mandrel diameter*	D/a	Distância entre apoios *Span*	Ângulo de dobragem / *Bending* angle	Ângulo de redobragem / *Rebending* angle	Comprimento refª/ *Gauge lenght*	Alongamento / *Elongation*	**OBS.**
Referência *reference*	Espessura/ *Thickness* a mm	Largura/ *Width* b mm	mm		mm	Graus º	Graus º	mm	%	
DR1	5,6	10,1	24	4	36	180	----	----	----	NA
DF1	5,6	10,2	24	4	36	180	----	----	----	NA
DR2	5,6	10,0	24	4	36	180	----	----	----	NA
DF2	5,5	10,2	24	4	36	180	----	----	----	NA
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: --
LABMAT Nº: PE140255_C

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

ENSAIO DE DOBRAGEM-REDOBRAGEM/ *BEND-REBEND TEST*

CLIENTE: ARSOPI
CLIENT --
MORADA DO CLIENTE: Apartado 10 - Relva - Vila Chã - 3730-954 Vale de Cambra
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-05-13	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-05-13
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Norte	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Norte

DIVULGAÇÃO: Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/*NOTE*:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/ *Date:* 2014-05-16	Técnica Superior de Laboratório/ *Laboratory Technician*

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ASME IX:2010 (secção QW-160 a 163, QB-160 a 163)	**Tratamento Térmico** *Heat Treatment*	Alívio de Tensões
Descrição do produto *Product description*	Provetes maquinados Ref.ª: T APP T01	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismáticos	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	23ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	07-07-2014	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: --
LABMAT Nº: PE140255_C

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*			Diâmetro mandril/ *Mandrel diameter*	D/a	Distância entre apoios *Span*	Ângulo de dobragem / *Bending* angle	Ângulo de redobragem / *Rebending* angle	Comprimento refª/ *Gauge lenght*	Alongamento / *Elongation*	**OBS.**
Referência *reference*	Espessura/ *Thickness* a mm	Largura/ *Width* b mm	mm		mm	Graus º	Graus º	mm	%	
DR1	5,7	10,0	24	4	36	180	----	----	----	NA
DF1	5,7	10,0	24	4	36	180	----	----	----	NA
DR2	5,7	10,1	24	4	36	180	----	----	----	NA
DF2	5,7	10,0	24	4	36	180	----	----	----	NA
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: PE140493_C

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

IPAC acreditação L0070 Ensaios

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
DOBRAGEM-REDOBRAGEM/ *BEND-REBEND*

CLIENTE: ARSOPI
CLIENT ---
MORADA DO CLIENTE: Apartado 10 - Relva - Vila Chã - 3730-954 Vale de Cambra
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-12-04	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-12-09
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Norte	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Norte

DIVULGAÇÃO: Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/*NOTE*:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Vasco Duarte Data/ *Date:* 2014-12-12	Lília Dias Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ASME IX:2010 (secção QW-160 a 163, QB-160 a 163)	**Tratamento Térmico** *Heat Treatment*	----
Descrição do produto *Product description*	Provetes maquinados Ref.ª: T APP T02	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW (Posição: 2G)
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismáticos	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	21,7ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	15-12-2014	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: PE140493_C

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*			Diâmetro mandril/ *Mandrel diameter*	D/a	Distância entre apoios *Span*	Ângulo de dobragem / *Bending* angle	Ângulo de redobragem / *Rebending* angle	Comprimento refº/ *Gauge lenght*	Alongamento / *Elongation*	**OBS.**
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness* a mm	Largura/ *Width* b mm	mm		mm	Graus º	Graus º	mm	%	
DR1	5,5	10,0	20	4	32	180	----	----	----	NA
DF1	5,6	9,9	20	4	32	180	----	----	----	NA
DR2	5,7	10,0	20	4	32	180	----	----	----	NA
DF2	5,6	10,0	20	4	32	180	----	----	----	NA
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: PE140493_G

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

IPAC acreditação L0070 Ensaios

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
DOBRAGEM-REDOBRAGEM/ *BEND-REBEND*

CLIENTE: ARSOPI
CLIENT ---
MORADA DO CLIENTE: Apartado 10 - Relva - Vila Chã - 3730-954 Vale de Cambra
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-12-04	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-12-09
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Norte	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Norte

DIVULGAÇÃO: Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/*NOTE*:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Vasco Duarte Data/ *Date:* 2014-12-12	Lília Dias Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ASME IX:2010 (secção QW-160 a 163, QB-160 a 163)	**Tratamento Térmico** *Heat Treatment*	----
Descrição do produto *Product description*	Provetes maquinados Ref.ª: T APP T03	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW (Posição: 2G)
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismáticos	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	21,7ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	15-12-2014	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: PE140493_G

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*			Diâmetro mandril/ *Mandrel diameter*	D/a	Distância entre apoios *Span*	Ângulo de dobragem / *Bending* angle	Ângulo de redobragem / *Rebending* angle	Comprimento refº/ *Gauge lenght*	Alongamento / *Elongation*	**OBS.**
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness* a mm	Largura/ *Width* b mm	mm		mm	Graus º	Graus º	mm	%	
DR1	5,5	10,0	20	4	32	180	----	----	----	NA
DF1	5,6	10,0	20	4	32	180	----	----	----	NA
DR2	5,7	9,9	20	4	32	180	----	----	----	NA
DF2	5,6	9,9	20	4	32	180	----	----	----	NA
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: --
LABMAT Nº: PE140255_G

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

ENSAIO DE DOBRAGEM-REDOBRAGEM/ *BEND-REBEND TEST*

CLIENTE: ARSOPI
CLIENT --
MORADA DO CLIENTE: Apartado 10 - Relva - Vila Chã - 3730-954 Vale de Cambra
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-06-05	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-06-16
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Norte	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Norte

DIVULGAÇÃO: Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/*NOTE*:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Vasco Duarte	Lília Dias
Data/ *Date:* 2014-06-16	Técnica Superior de Laboratório/ *Laborstory Technician*

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ASME IX:2010 (secção QW-160 a 163, QB-160 a 163)	**Tratamento Térmico** *Heat Treatment*	Alívio de Tensões
Descrição do produto *Product description*	Provetes maquinados Ref.ª: T APP T04	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismáticos	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	21ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	07-07-2014	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: --
LABMAT Nº: PE140255_G

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*			Diâmetro mandril/ *Mandrel diameter*	D/a	Distância entre apoios *Span*	Ângulo de dobragem / *Bending* angle	Ângulo de redobragem / *Rebending* angle	Comprimento refª/ *Gauge lenght*	Alongamento / *Elongation*	**OBS.**
Referência *reference*	Espessura/ *Thickness* a mm	Largura/ *Width* b mm	mm		mm	Graus º	Graus º	mm	%	
DR1	5,8	10,1	24	4	36	180	----	----	----	NA
DF1	5,5	10,0	24	4	36	180	----	----	----	NA
DR2	5,7	10,0	24	4	36	180	----	----	----	NA
DF2	5,6	10,4	24	4	36	180	----	----	----	NA
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: --
LABMAT Nº: PE140323_C

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

ENSAIO DE DOBRAGEM-REDOBRAGEM/ *BEND-REBEND TEST*

CLIENTE: ARSOPI
CLIENT --
MORADA DO CLIENTE: Apartado 10 - Relva - Vila Chã - 3730-954 Vale de Cambra
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-08-04	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-08-06
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Norte	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Norte

DIVULGAÇÃO: Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/*NOTE*:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Vasco Duarte Data/ *Date:* 2014-08-06	Lília Dias Técnica Superior de Laboratório/ *Laboratory Technician*

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ASME IX:2010 (secção QW-160 a 163, QB-160 a 163)	**Tratamento Térmico** *Heat Treatment*	Alívio de Tensões
Descrição do produto *Product description*	Provetes maquinados Ref.ª: T APP T05	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismáticos	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	23ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	06-08-2014	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: --
LABMAT Nº: PE140323_C

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*			Diâmetro mandril/ *Mandrel diameter*	D/a	Distância entre apoios *Span*	Ângulo de dobragem / *Bending* angle	Ângulo de redobragem / *Rebending* angle	Comprimento refº/ *Gauge lenght*	Alongamento / *Elongation*	**OBS.**
Referência *reference*	Espessura/ *Thickness* a mm	Largura/ *Width* b mm	mm		mm	Graus º	Graus º	mm	%	
DR1	5,2	10,1	20	4	32	180	----	----	----	NA
DF1	5,2	10,1	20	4	32	180	----	----	----	NA
DR2	5,2	10,0	20	4	32	180	----	----	----	NA
DF2	5,2	10,1	20	4	32	180	----	----	----	NA
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: --
LABMAT Nº: PE140323_G

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

ENSAIO DE DOBRAGEM-REDOBRAGEM/ *BEND-REBEND TEST*

CLIENTE: ARSOPI
CLIENT --
MORADA DO CLIENTE: Apartado 10 - Relva - Vila Chã - 3730-954 Vale de Cambra
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-08-04	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-08-06
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Norte	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Norte

DIVULGAÇÃO: Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/*NOTE*:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Vasco Duarte Data/ *Date:* 2014-08-06	Lília Dias Técnica Superior de Laboratório/ *Laboratory Technician*

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ASME IX:2010 (secção QW-160 a 163, QB-160 a 163)	**Tratamento Térmico** *Heat Treatment*	Alívio de Tensões
Descrição do produto *Product description*	Provetes maquinados Ref.ª: T APP T06	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismáticos	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	23ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	06-08-2014	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: --
LABMAT Nº: PE140323_G

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*			Diâmetro mandril/ *Mandrel diameter*	D/a	Distância entre apoios *Span*	Ângulo de dobragem / *Bending* angle	Ângulo de redobragem / *Rebending* angle	Comprimento refª/ *Gauge lenght*	Alongamento / *Elongation*	**OBS.**
Referência *reference*	Espessura/ *Thickness* a mm	Largura/ *Width* b mm	mm		mm	Graus º	Graus º	mm	%	
DR1	5,2	10,1	20	4	32	180	----	----	----	NA
DF1	5,2	10,2	20	4	32	180	----	----	----	NA
DR2	5,3	10,0	20	4	32	180	----	----	----	NA
DF2	5,2	10,2	20	4	32	180	----	----	----	NA
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: --
LABMAT Nº: PE140366_C

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

ENSAIO DE DOBRAGEM-REDOBRAGEM/ *BEND-REBEND TEST*

CLIENTE: ARSOPI
CLIENT --
MORADA DO CLIENTE: Apartado 10 - Relva - Vila Chã - 3730-954 Vale de Cambra
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-09-08	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-09-08
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Norte	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Norte

DIVULGAÇÃO: Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/*NOTE*:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Vasco Duarte Data/ *Date:* 2014-09-08	Lília Dias Técnica Superior de Laboratório/ *Laboratory Technician*

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ASME IX:2010 (secção QW-160 a 163, QB-160 a 163)	**Tratamento Térmico** *Heat Treatment*	--
Descrição do produto *Product description*	Provetes maquinados Ref.ª: T APP T07	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismáticos	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	25,2ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	11-09-2014	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: --
LABMAT Nº: PE140366_C

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*			Diâmetro mandril/ *Mandrel diameter*	D/a	Distância entre apoios *Span*	Ângulo de dobragem / *Bending* angle	Ângulo de redobragem / *Rebending* angle	Comprimento refº/ *Gauge lenght*	Alongamento / *Elongation*	**OBS.**
Referência *reference*	Espessura/ *Thickness* a mm	Largura/ *Width* b mm	mm		mm	Graus º	Graus º	mm	%	
DR1	5,1	10,0	20	4	32	180	----	----	----	NA
DF1	5,4	10,1	20	4	32	180	----	----	----	NA
DR2	5,2	10,1	20	4	32	180	----	----	----	NA
DF2	5,2	10,0	20	4	32	180	----	----	----	NA
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: --
LABMAT Nº: PE140431_C

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

ENSAIO DE DOBRAGEM-REDOBRAGEM/ *BEND-REBEND TEST*

CLIENTE: ARSOPI
CLIENT --
MORADA DO CLIENTE: Apartado 10 - Relva - Vila Chã - 3730-954 Vale de Cambra
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-10-17	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-10-20
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Norte	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Norte

DIVULGAÇÃO: Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/*NOTE*:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Vasco Duarte Data/ *Date:* 2014-10-20	Lília Dias Técnica Superior de Laboratório/ *Laboratory Technician*

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ASME IX:2010 (secção QW-160 a 163, QB-160 a 163)	**Tratamento Térmico** *Heat Treatment*	--
Descrição do produto *Product description*	Provetes maquinados Ref.ª: T APP T08	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismáticos	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	23,2ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	21-10-2014	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: --
LABMAT Nº: PE140431_C

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*			Diâmetro mandril/ *Mandrel diameter*	D/a	Distância entre apoios *Span*	Ângulo de dobragem / *Bending* angle	Ângulo de redobragem / *Rebending* angle	Comprimento refº/ *Gauge lenght*	Alongamento / *Elongation*	**OBS.**
Referência *reference*	Espessura/ *Thickness* a mm	Largura/ *Width* b mm	mm		mm	Graus º	Graus º	mm	%	
DR1	5,2	10,0	20	4	32	180	----	----	----	NA
DF1	5,2	10,0	20	4	32	180	----	----	----	NA
DR2	5,1	10,0	20	4	32	180	----	----	----	NA
DF2	5,2	10,0	20	4	32	180	----	----	----	NA
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: PE140471_C

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
DOBRAGEM-REDOBRAGEM/ *BEND-REBEND*

CLIENTE: ARSOPI
CLIENT ---
MORADA DO CLIENTE: Apartado 10 - Relva - Vila Chã - 3730-954 Vale de Cambra
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-11-13	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-11-13
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Norte	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Norte

DIVULGAÇÃO: Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/*NOTE*:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Vasco Duarte Data/ *Date:* 2014-11-13	Lília Dias Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ASME IX:2010 (secção QW-160 a 163, QB-160 a 163)	**Tratamento Térmico** *Heat Treatment*	----
Descrição do produto *Product description*	Provetes maquinados Ref.ª: T APP T09	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW (Posição: 2G)
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismáticos	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	21,5ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	18-11-2014	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: PE140471_C

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*			Diâmetro mandril/ *Mandrel diameter*	D/a	Distância entre apoios *Span*	Ângulo de dobragem / *Bending* angle	Ângulo de redobragem / *Rebending* angle	Comprimento refº/ *Gauge lenght*	Alongamento / *Elongation*	**OBS.**
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness* a mm	Largura/ *Width* b mm	mm		mm	Graus º	Graus º	mm	%	
DR1	5,1	10,2	20	4	32	180	----	----	----	NA
DF1	4,7	10,1	20	4	32	180	----	----	----	NA
DR2	5,0	10,1	20	4	32	180	----	----	----	NA
DF2	5,1	10,1	20	4	32	180	----	----	----	NA
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: PE140471_G

LABMAT - LABORATÓRIO DE MATERIAIS

L0070 Ensaios

RELATÓRIO DE ENSAIO / *TEST REPORT*
DOBRAGEM-REDOBRAGEM/ *BEND-REBEND*

CLIENTE: ARSOPI
CLIENT ---
MORADA DO CLIENTE: Apartado 10 - Relva - Vila Chã - 3730-954 Vale de Cambra
ADDRESS

DATA DE RECEPÇÃO DE AMOSTRAS: *SAMPLES RECEPTION DATE*	2014-11-13	**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** *TESTING DATE*	2014-11-13
LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS: *TESTED AT*	LABMAT Oeiras	**LOCAL DE EMISSÃO DO RELATÓRIO:** *ISSUED AT*	LABMAT Oeiras

DIVULGAÇÃO: Confidencial/ *Confidential*
DISTRIBUTION

NOTA/*NOTE*:
Os resultados deste relatório referem-se apenas aos produtos submetidos a ensaio, não constituindo aprovação ou reprovação dos produtos ensaiados. É proibida a reprodução parcial deste relatório sem prévia autorização do laboratório. / *The results of this report are only related to the product submitted to testing, they cannot approve the products tested. The partial reproduction of this report is only allowed with ISQ authorization.*
A análise assinalada com # não está incluída no âmbito da acreditação. / *The analysis marked # is outside the accreditation scope.*
O parecer ou opinião expresso neste relatório não estão incluídos no âmbito da acreditação. / *Comments made in this repport are outside the accreditation scope.*
A amostragem é da responsabilidade do cliente. / *The responsability of sampling lies with the client.*
As amostras objecto de análise ficarão à disposição do cliente por um prazo máximo de três meses, a contar da data de envio do relatório, a partir da qual serão destruídas. / *Analysed samples will be available to the client until three months after final report deliver date. After that, the samples will be destroyed.*

Executado por / *Issued by:*	**Aprovado por**/ *Approved by:*
Vasco Duarte Data/ *Date:* 2014-11-13	Lília Dias Técnica Superior de Laboratório / *Laboratory Technician*

Procedimento / Norma *Procedure / Standard*	ASME IX:2010 (secção QW-160 a 163, QB-160 a 163)	**Tratamento Térmico** *Heat Treatment*	----
Descrição do produto *Product description*	Provetes maquinados Ref.ª: T APP T10	**Processo de soldadura** *Welding process*	GTAW (Posição: 2G)
Material de base *Parent material*	SA 213 T91	**Material de adição** *Weld material*	ER90S-B9
Tipo de provete *Specimen type*	Prismáticos	**Temperatura ambiente** *Room temperature*	21,5ºC

Revisão / *Revision*	Data / *Date*	Comentários / Comments
00	18-11-2014	Emissão Inicial

Este boletim anula e substituí eventuais versões anteriores. / *This report superseded the previous one.*

ISQ - INSTITUTO DE SOLDADURA E QUALIDADE

LABMAT Oeiras - Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, nº 33 ; Talaíde Taguspark 2780-920 Porto Salvo ; Telef: 21 422 81 73; Fax: 21 422 81 21
Norte - Rua do Mirante nº258; 4415-441 Grijó; Telef: 22 747 19 55; Fax: 22 745 57 78

www.isq.pt
labmat@isq.pt

PEP N.º: ----
LABMAT Nº: PE140471_G

RESULTADOS / *RESULTS:*

Provete / *Test specimen*			Diâmetro mandril/ *Mandrel diameter*	D/a	Distância entre apoios *Span*	Ângulo de dobragem / *Bending* angle	Ângulo de redobragem / *Rebending* angle	Comprimento refº/ *Gauge lenght*	Alongamento / *Elongation*	**OBS.**
Referência/ *Reference*	Espessura/ *Thickness* a mm	Largura/ *Width* b mm	mm		mm	Graus º	Graus º	mm	%	
DR1	5,1	10,1	20	4	32	180	----	----	----	NA
DF1	5,1	10,1	20	4	32	180	----	----	----	NA
DR2	5,1	10,1	20	4	32	180	----	----	----	NA
DF2	5,1	10,2	20	4	32	180	----	----	----	NA
****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****



Instituto Superior de Engenharia do Porto ⊙ Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 ⊙ 4249-015 Porto
Tel. +351 228 340 500 ⊙ Fax +351 228 321 159 ⊙ mail@isep.ipp.pt ⊙ www.isep.ipp.pt