



OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS DE EXTRUSÃO

JOSÉ MIGUEL MOREIRA CARVALHO

dezembro de 2019

MELHORIA DE PROCESSOS PRODUTIVOS DE EXTRUSÃO

José Miguel Moreira Carvalho

2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mecânica



MELHORIA DE PROCESSOS PRODUTIVOS DE EXTRUSÃO

José Miguel Moreira Carvalho
1141200

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 engenheiro Manuel Jorge Dores de Castro.

2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Mecânica



JÚRI

Presidente

Doutorado, Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho
Professor adjunto, ISEP

Orientador

Doutorado, Manuel Jorge Dores de Castro
Professor adjunto, ISEP

Co-orientador

Mestre, Carla Mónica Costa
Estudos e Desenvolvimento, Duofil

Arguente

Doutorado, Manuel Ferreira Rebelo
Professor, Universidade Lusíada

AGRADECIMENTOS

Gostava de agradecer a todas as pessoas e entidades que de forma direta ou indireta ajudaram ao desenvolvimento e acima de tudo ao sucesso deste projeto.

Saliento o trabalho do professor Manuel Castro, orientador do ISEP, a orientadora Carla Costa da empresa que sem a preciosa ajuda deles não teria conseguido atingir os objetivos. Sem deixar de mencionar também, o professor João Bastos que ajudou sobretudo na revisão deste trabalho.

Queria agradecer também aos meus amigos e família pelo apoio moral e por estarem sempre presentes nas horas de maior necessidade.

Para além disso, agradeço também à empresa, Duofil, por todo o tempo, dedicação e empenho prestado neste projeto.

PALAVRAS CHAVE

Melhoria, 5S, Ciclo PDCA, Ferramentas da qualidade, PE-Xb, PE-Xa, multicamada

RESUMO

Esta dissertação descreve as medidas e ações tomadas para a melhoria de processos produtivos de extrusão. Esta melhoria decorre em contexto empresarial numa empresa situada em Vila do Conde. A sua principal gama operatória prende-se com o fabrico de tubagens PEX (polietileno reticulado), tubo corrugado e ainda multicamada. Partiu-se inicialmente com três grandes objetivos: controlo de desperdícios, controlo e minimização de falhas e controlo de parâmetros de processo.

Relativamente ao objetivo associado ao controlo de desperdícios foram elaborados procedimentos operativos de misturas que dão origem ao produto acabado (PE-Xb e PE-Xa), levou-se a cabo uma solicitação técnica com o objetivo de determinar a quantidade máxima de retração associada ao tubo de PE-Xb que culminou numa diminuição de tubo excedentário expedida. Elaborou-se ainda um procedimento de resolução de problemas.

Relativamente ao segundo objetivo, controlo e minimização de falhas elaborou-se procedimentos operativos de arranque associados às linhas de trabalho para a padronização das tarefas.

Quanto ao último objetivo, controlo de parâmetros de processo, fez-se o acompanhamento diário de fabricação e procedeu-se à elaboração de fichas técnicas auxiliares de arranque em função do produto, linha e matéria prima.

O conjunto destas ações e de outras levadas a cabo deram origem a um aumento significativo de velocidades de fabricação de tubos. Para o cumprimento destes objetivos teve-se por base a implementação da metodologia dos 5S, ferramentas da qualidade tais como diagrama de Ishikawa e ainda o ciclo PDCA.

KEYWORDS

Improvement, 5S, PDCA Cycle, Quality Tools, PE-Xb, PE-Xa, multilayer

ABSTRACT

This dissertation describes the measures and actions taken to improvement extrusion production processes. These improvements take place in a business context in a company located in Vila do Conde. Its main operating range is the manufacture of PEX (cross-linked polyethylene), corrugated and even multilayer pipes. Initially it was set out with three major objectives waste control, fault control and minimization and process parameter control.

Regarding the objective associated with waste control, operating procedures were developed for the preparation of the mixtures that give rise to the finished product (PE-Xb and PE-Xa). A technical request was made to determine the maximum amount of shrinkage. PE-Xb tube which resulted in an expedited excess tube shrinkage. A problem-solving procedure was also developed.

Regarding the second objective, fault control and minimization, start-up operating procedures associated with the work lines were developed to standardize the tasks.

Regarding the last objective, control of process parameters, the daily manufacturing follow-up was made, and the auxiliary start-up sheets were elaborated according to the product, line and raw material.

All of these and other actions have led to a significant increase in pipe manufacturing speeds. In order to achieve these objectives, the 5S methodology, quality tools such as ishikawa diagram and the PDCA cycle were implemented.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

5S	Seiri, Seiton, Seiso, Seitetsu e Shitsuke
APCER	Associação Portuguesa de certificação
BAO	Barreira anti oxigénio
CCP	Pontos Críticos de Controlo
DN	Diâmetro Nominal
ED	Estudos e desenvolvimento
EI	Ensaio Industrial
EPI	Equipamento de proteção individual
HACCP	Análise de Perigos e Controlo de Pontos Críticos
LT	Linha de trabalho
MP1	Matéria prima principal
MP2	Matéria prima secundária
NAT	Natural
O. F	Ordem de fabrico
OIT	Oxidation induction time
PDCA	Plan, do, check, act
PEAD	Polietileno de alta densidade
PE-Xa	Polietileno reticulado método a
PE-Xb	Polietileno reticulado método b
PFO	Ficha técnica auxiliar de arranque
PIP	Pipe in Pipe
PPO	Procedimento operativo
PROD	Produção
PRT	Preto
SGI	Sistema de gestão integrada
ST	Solicitação Técnica
SVQ	Sistema de verificação da qualidade
TR	Taxas de reticulação

Lista de Unidades

h	Hora
m	Metro
m/min	Velocidade
Min	Minuto
mm	Milímetro
N	Newton
N/cm	Rigidez

Lista de Símbolos

%	Porcentagem
°C	Graus celsius

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Método a	Reticulação através de peróxido
Método b	Reticulação através de silano
Multicamada	Tubo constituído por três camadas (Polietileno + adesivo + alumínio + adesivo + polietileno)
Isolado	Tubo revestido com espuma (Polietileno expandido)
Liseret	Tubo branco com uma lista longitudinal em todo o seu comprimento
Babas	Defeito associado ao processo de extrusão

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 ESQUEMA RESUMO DOS 5S	34
FIGURA 2 - DIAGRAMA DE ISHIKAWA	37
FIGURA 3 - CICLO PDCA	38
FIGURA 4 - PARTES PRINCIPAIS DE UMA EXTRUSORA COM EXCEÇÃO DO MOTOR E ENGRENAGENS.	39
FIGURA 5 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UMA EXTRUSORA INCLUINDO A SUA PARTE MOTRIZ	39
FIGURA 6 - LINHA PARA FABRICO DE TUBAGENS	41
FIGURA 7 - MOLÉCULA DE PEAD REPRESENTADA EM ESQUEMA	42
FIGURA 8 - DISPOSIÇÃO MOLECULAR DO PEX	42
FIGURA 9- DISPOSIÇÃO MOLECULAR DO PEAD	42
FIGURA 10 - DIFERENTES MÉTODOS DE RETICULAÇÃO DO POLIETILENO	43
FIGURA 11 - ESQUEMA DO PROCESSO MONOSIL	44
FIGURA 12 - ESQUEMA DO PROCESSO SIOPLÁS	45
FIGURA 13 - TESOURA PARA CORTE DE TUBOS E PAQUÍMETRO DE 400MM	52
FIGURA 14 - PROVETES COM APROXIMADAMENTE 200MM	52
FIGURA 15 - MEDIÇÃO DO COMPRIMENTO ANTES DA RETICULAÇÃO	53
FIGURA 16 - MEDIÇÃO DO COMPRIMENTO APÓS RETICULAÇÃO	53
FIGURA 17 - EXEMPLO DA TABELA DE REGISTO DE RESULTADOS	53
FIGURA 18 - MARCAÇÕES DE 200MM ESPAÇADAS 10MM	53
FIGURA 19 - PRIMEIRA FOLHA - ANÁLISE DOS PROBLEMAS	56
FIGURA 20 - EXEMPLO DE UMA FICHA TÉCNICA AUXILIAR DE ARRANQUE (PFO) GENÉRICA	61
FIGURA 21 - FICHEIRO DO REGISTO DIÁRIO DE VELOCIDADES	63

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - TAREFAS ASSOCIADAS AO OBJETIVO CONTROLO DE DESPERDÍCIOS	27
TABELA 2 - TAREFAS ASSOCIADAS AO OBJETIVO CONTROLO E MINIMIZAÇÃO DE FALHAS	28
TABELA 3 - TAREFAS ASSOCIADAS AO OBJETIVO CONTROLO DE PARÂMETROS DE EXTRUSÃO	28
TABELA 4 - TEMAS/ASSUNTOS ABORDADOS EM CADA CAPÍTULO	29
TABELA 5- CLARIFICAÇÃO DOS 5S	33
TABELA 6- AS SETE FERRAMENTAS CLÁSSICAS DA QUALIDADE	35
TABELA 7 – TAREFAS PLANEADAS PARA CADA ETAPA	49
TABELA 8 - COMPARAÇÃO DA ZONA DAS MISTURAS ANTES E DEPOIS DAS REMODELAÇÕES	50
TABELA 9 - CORRESPONDÊNCIA DE CORES	51
TABELA 10 - PROCEDIMENTO DE CONSUMOS ELABORADOS/EXISTENTES	52
TABELA 11 - TUBOS ANALISADOS E A ENTRADA NA ESTUFA	54
TABELA 12 - RESULTADOS DA ST025/19 (PROVETES PEQUENOS)	54
TABELA 13 - RESULTADOS DA ST025/19 (PROVETES PEQUENOS E GRANDES)	55
TABELA 14 – LEGENDA DAS CAUSAS E DAS SOLUÇÕES.	56
TABELA 15 - ANÁLISES ELABORADAS	57
TABELA 16 - TAREFAS PLANEADAS PARA CADA ETAPA	57
TABELA 17 - ESTADO DO PPO	58
TABELA 18 - LEGENDA DA TABELA 16	58
TABELA 19 - ALGUNS EXEMPLOS DE SINALÉTICA REMETENTE PARA A ARRUMAÇÃO	59
TABELA 20 - ALGUNS EXEMPLOS DE SINALÉTICA REMETENTE PARA A SEGURANÇA	59
TABELA 21 - TAREFAS PLANEADAS PARA CADA ETAPA	60
TABELA 22 - PFO'S APROVADAS RELATIVAS AO TUBO DE PE-XB E OS RESPETIVOS ENSAIOS DE VALIDAÇÃO NECESSÁRIOS	62
TABELA 23 - PFO'S APROVADAS RELATIVAS AO TUBO DE MULTICAMADA E OS RESPETIVOS ENSAIOS DE VALIDAÇÃO NECESSÁRIOS	62
TABELA 24 - PFO'S APROVADAS RELATIVAS AO TUBO DE PE-XA (HE1878E) E OS RESPETIVOS ENSAIOS DE VALIDAÇÃO NECESSÁRIOS	62
TABELA 25 - PFO'S APROVADAS RELATIVAS AO TUBO DE PE-XA (HE2591) E OS RESPETIVOS ENSAIOS DE VALIDAÇÃO NECESSÁRIOS	62
TABELA 26 - LISTAGEM DE EI'S COM APROVAÇÃO QUE DERAM ORIGEM A AUMENTOS DE VELOCIDADE	65
TABELA 27 - AUMENTOS DE VELOCIDADE REGISTADOS NA LINHA DE FABRICAÇÃO 11	65

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - ANÁLISE DOS AUMENTOS DE VELOCIDADE	66
GRÁFICO 2 - ANÁLISE DOS AUMENTOS DE VELOCIDADE RELATIVOS À LT11.....	66

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	27
1.1	Contextualização	27
1.2	Objetivos	27
1.3	Metodologia Utilizada	28
1.4	Estrutura da Tese	28
1.5	Breve Apresentação da empresa	29
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	33
2.1	5S.....	33
2.2	Ferramentas da qualidade	34
2.2.1	Diagrama de Ishikawa	36
2.2.1.1	Como fazer um diagrama de causa-efeito?	36
2.3	Ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act)	37
2.4	Extrusão.....	38
2.4.1	Método de Transformação.....	38
2.4.1.1	Preparação do produto de Moldação.....	38
2.4.1.2	Extrusão	38
2.4.2	Descrição da máquina	39
2.4.2.1	Motor e caixa de engrenagens	39
2.4.2.2	Cilindro.....	40
2.4.2.3	Fuso.....	40
2.4.2.4	Cabeça da extrusora	40
2.4.2.5	Aquecimento e arrefecimento.....	41
2.4.3	Fabricação de tubagens.....	41
2.5	Polietileno Reticulado (PEX).....	41
2.5.1	Método de reticulação química via Peróxido (PE-Xa)	43
2.5.1.1	Método Engle.....	43
2.5.1.2	Método Pont à Mousson	44
2.5.1.3	Método Daoplast	44
2.5.2	Método de reticulação química via Silano (PE-Xb).....	44
2.5.2.1	Método Monosil	44
2.5.2.2	Método Sioplás	45

3	DESENVOLVIMENTO	49
3.1	Controlo de desperdícios	49
3.1.1	Acompanhamento da produção com fichas técnicas auxiliares de arranque (PFO)	49
3.1.2	Acompanhamento da preparação de misturas por Linha de trabalho (LT), por amostragem 50	
3.1.3	Contabilização dos resultados obtidos por turno (sucata, sobreconsumo, rendimento líquido e rendimento útil).....	51
3.1.4	Levantamento de medidas necessárias para diminuição de desperdícios	52
3.1.4.1	Resolução de problemas	55
3.2	Controlo e minimização de falhas.....	57
3.2.1	Melhoria dos procedimentos de arranque por LT (<i>Checklist</i>)	57
3.2.2	Organização/melhoria dos meios necessários para os procedimentos de arranque	58
3.3	Controlo de parâmetros de processo	59
3.3.1	Levantamento e alteração dos parâmetros de processo através de fichas técnicas auxiliares de arranque (PFO)	60
3.3.2	Levantamento de medidas necessárias para aumento de velocidades	63
3.4	Discussão e análise de resultados.....	67
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	71
4.1	CONCLUSÕES.....	71
4.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.....	72
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	75
6	ANEXOS.....	79
6.1	PPO DE EXECUÇÃO DE MISTURAS.....	79
6.1.1	PPO-048-2_preparação de misturas PE-Xb	79
6.1.2	PPO 050-1_preparação de misturas PE-Xa.....	83
6.2	PPO de consumos.....	86
6.2.1	PPO-043-1.....	86
6.2.2	PPO-049-1.....	89
6.3	Análise de problemas.....	91
6.3.1	SGIRG-031-2_análise de problemas	91
6.3.1.1	SGIRG-031-2_análise de problemas (1ª folha)	91
6.3.1.2	SGIRG-031-2_análise de problemas (2ª folha)	91
6.3.1.3	SGIRG-031-2_análise de problemas (3ª folha)	92
6.3.2	RC07/19.....	92

6.3.3	RC04/19.....	93
6.4	PPO de arranque	94
6.4.1	PPO-034-2_arranque LT14	94
6.4.2	PPO-046-1_arranque LT29	107

INTRODUÇÃO

- 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO
- 1.2 OBJETIVOS
- 1.3 METODOLOGIA UTILIZADA
- 1.4 ESTRUTURA DA TESE
- 1.5 BREVE APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Esta dissertação decorreu no âmbito de um estágio numa empresa sediada em Gião, Vila do conde denominada Duofil – Sociedade comercial e industrial de perfis. O estágio teve o período de nove meses. Foi proposto o tema de melhoria de processos produtivos de extrusão. Dentro do tema, os principais focos eram a padronização de tarefas bem como o levantamento e posterior implementação de medidas que levassem ao aumento da capacidade produtiva e diminuição do tempo de ciclo de fabricação.

1.2 Objetivos

Os objetivos deste estágio e por sua vez desta dissertação prendem-se com a melhoria de processos produtivos de extrusão. Foram delineados inicialmente três grandes objetivos.

1. Controlo de desperdícios;
2. Controlo e minimização de falhas;
3. Controlo de parâmetros de processo.

Para cada objetivo foram definidas tarefas que por sua vez contribuiriam para o alcance destes objetivos. As tarefas são enumeradas nas tabelas apresentadas abaixo.

Tabela 1 - Tarefas associadas ao objetivo controlo de desperdícios

Tarefas	Controlo de desperdícios
	Acompanhamento da produção com fichas técnicas auxiliares de arranque (PFO);
	Acompanhamento da preparação de misturas por Linha de trabalho (LT), por amostragem;
	Contabilização dos resultados obtidos por turno (sucata, sobreconsumo, rendimento líquido e rendimento útil);
	Levantamento de medidas necessárias para diminuição de desperdícios;
	Definição de prioridades e respetivo acompanhamento da implementação das medidas.

Tabela 2 - Tarefas associadas ao objetivo controlo e minimização de falhas

Tarefas	Controlo e minimização de falhas
	Melhoria dos procedimentos de arranque por LT (<i>Checklist</i>);
	Organização/melhoria dos meios necessários para os procedimentos de arranque.

Tabela 3 - Tarefas associadas ao objetivo controlo de parâmetros de extrusão

Tarefas	Controlo de parâmetros de processo
	Levantamento e alteração dos parâmetros de processo através de fichas técnicas auxiliares de arranque (PFO's);
	Levantamento de medidas necessárias para aumento de velocidades;
	Definição de prioridades e respetivo acompanhamento da implementação das medidas.

1.3 Metodologia Utilizada

A metodologia utilizada para suprir os desafios propostos pela empresa foi o ciclo PDCA aliado ao auxílio de ferramentas associadas aos 5S, as sete ferramentas básicas da qualidade e ainda a conhecimentos de extrusão, em particular extrusão de tubagens de plástico.

1.4 Estrutura da Tese

A tese aqui presente está estruturada em 6 capítulos. Na tabela abaixo podemos visualizar os conteúdos que foram abordados em cada um.

Tabela 4 - Temas/assuntos abordados em cada capítulo

Capítulos	Descrição
Capítulo 1	<ul style="list-style-type: none"> • Informações sobre a empresa; • Objetivos e metodologias.
Capítulo 2	Revisão bibliográfica que comporta os seguintes temas: <ul style="list-style-type: none"> • 5S; • Ferramentas da qualidade; • Ciclo PDCA; • Informação sobre extrusão; • Polietileno Reticulado.
Capítulo 3	É apresentado o desenvolvimento e descritas as ações levadas a cabo para o cumprimento dos objetivos;
Capítulo 4	São apresentadas as conclusões sobre o trabalho e descritos os trabalhos futuros.
Capítulo 5	São apresentadas todas as fontes de informação utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho.
Capítulo 6	São apresentados todos os documentos que direta ou indiretamente foram abordados e/ou utilizados para este trabalho.

1.5 Breve Apresentação da empresa

A empresa é composta por duas unidades industriais uma em Gião e outra em Pedrogão Grande. A unidade em que este trabalho foi realizado foi na unidade sita em Gião.

Esta unidade é constituída por 18 linhas de fabricação entre as quais 3 linhas de tubo corrugado, 3 linhas de PE-Xb, 2 linhas de multicamada, 8 linhas Engel cada uma composta por duas cabeças e 2 linhas de PE-Xa.

Relativamente às principais matérias primas utilizadas são: Polietileno de alta densidade, Polipropileno, Alumínio liga EN AW 8006, e ainda reciclados.

As principais gamas de produtos produzidos na unidade industrial de Gião são: produtos de extrusão tubo PE-Xb, PE-Xa, tubo corrugado, Pipe in Pipe, tubo multicamada e ainda alguns produtos de injeção.

Para cada produto existe uma ficha técnica aplicável com toda a informação desde as matérias primas até à sua embalagem passando pelos ensaios necessários à sua aprovação (DUOFIL, 2012).

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 5S

2.2 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

2.3 CICLO PDCA

2.4 EXTRUSÃO

2.5 POLIETILENO RETICULADO

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 5S

A técnica ou metodologia dos 5S foi desenvolvida por Takshi Osada na década de 80 com o objetivo de tornar as empresas mais competitivas, com maior produtividade, mais organizadas e com melhor ambiente de trabalho (Randhawa & Ahuja, 2016).

A empresa ideal deveria operar sempre (100% do tempo) na sua capacidade máxima. E isto devia ser conseguido através de nenhum tempo de inatividade, sem quaisquer defeitos e de modo seguro, ou seja, sem problemas de segurança.

Através de uma boa organização e de limpeza do local de trabalho consegue-se aumentar a motivação pessoal, evitam-se acidentes de trabalho e atinge-se uma maior eficiência.

No Japão os princípios básicos da organização e limpeza são conhecidos como os 5S (Becker, 2001).

Esta metodologia é conhecida como os 5S devido às 5 palavras japonesas que lhe deram origem: Seiri, Seiton, Seiso, Seitetsu e Shitsuke.

Na tabela seguinte consegue perceber-se o significado/objetivo de cada uma delas (Veres, Marian, Moica, & Al-Akel, 2018).

Na figura 1 são apresentados os 5S em esquema bem como a tradução de cada um para português.

Tabela 5- Clarificação dos 5S

Conceito	Significado
Seiri	Eliminar o que não é necessário e recorrer à limpeza do espaço de trabalho regularmente.
Seiton	Preparar as operações com os elementos necessários de modo ordenado e sistemático para que sejam facilmente utilizados e voltem ao seu lugar no final da utilização.
Seiso	Limpeza regular do local de trabalho, bem como dos equipamentos. Sujidade provoca desordem, indisciplina e ineficiência o que provoca baixa produtividade e possíveis acidentes de trabalho.

Seiketsu	Documentação e padronização dos métodos através de procedimentos padrão rigorosos, claros e inequívocos
Shitsuke	Manter/cumprir continuamente os procedimentos estabelecido. Auditando os métodos de trabalho, integrando os 5S na cultura empresarial.



Figura 1 Esquema resumo dos 5S

Figura 1 retirada de (Klaumann, 2018)

2.2 Ferramentas da qualidade

As ferramentas da qualidade têm como objetivo principal o alcance de um grau de eficiência/eficácia em determinada atividade ou processo.

Estas ferramentas têm papel principal na identificação de causas, compreensão dos processos, geração de ideias, recolha e análise de dados. De uma maneira resumida, ajuda na tomada de decisões com vista à melhoria e controlo dos processos.

Existem várias designações para ferramentas da qualidade, uma das mais vastamente utilizadas é a das sete “7” ferramentas clássicas da qualidade proposta pelo professor da universidade de Tokyo, Kaoru Ishikawa. (APCER, 2015)

Tabela 6- As sete ferramentas clássicas da qualidade

Ferramenta	Breve Descrição
Cartas de controlo	Gráficos para avaliar alterações do processo ao longo do tempo. Perante causas de variação normais/comuns estes estão em controlo estatístico. Ou então, fora de controlo estatístico perante causas de variação especiais.
Diagrama de dispersão	Gráficos que representam duas “2” variáveis, em pares, com a finalidade de identificar alguma possível relação entre elas.
Diagrama de Pareto	Gráfico de barras que nos mostra quais os parâmetros mais significativos. Ex.: Diagrama de Pareto para os principais tipos de defeitos e de seguida outro para as principais causas.
Diagrama de causa-efeito (Diagrama espinha de peixe ou ainda Diagrama de Ishikawa)	Serve para identificar as possíveis causas para um determinado problema, agrupando-as em categorias.
Estratificação	Técnica que separa os dados obtidos através de várias fontes de informação com o intuito de ser possível a identificação de padrões. (Ex.: Problemas com maior incidência, num turno, máquina, operador.) Nota: Algumas listas de ferramentas substituem a estratificação pelo fluxograma.
Histograma	Permite visualizar graficamente a localização e dispersão dos valores recolhidos de uma população recorrendo a variáveis discretas ou contínuas.
Listas de comprovação (“ <i>check lists</i> ”)	Uma forma estruturada e organizada para recolha e análise de informação. Pode ser adaptada a uma ampla variedade de finalidades.

Informação presente na tabela 6 com base em (ASQ, n.d.).

2.2.1 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de causa-efeito (ou diagrama de Ishikawa) permite a recolha das possíveis causas de um problema, como dito anteriormente, é um tipo de diagrama universal. Ou seja, poderá ser utilizado praticamente em todas as áreas da atividade humana.

Segundo, (Varzakas, 2015) a utilização do diagrama de Ishikawa contribui de uma forma eficaz para a análise dos CCP (Pontos críticos de controlo) dos materiais sujeitos a processamento alimentar no âmbito do HACCP (Análise de perigos e controlo de pontos críticos).

Este tipo de diagrama resolve vastos problemas tais como tecnológicos, organizacionais, económicos, sociais entre muitos outros. Deve o seu nome ao seu criador, Kaoru Ishikawa. No entanto, devido à sua forma é também denominado como diagrama espinha de peixe.

A criação deste diagrama baseia-se no facto de que todos os eventos possuem um número infinito de fatores que o possam causar. A infinidade de causas é realmente dada pelo nível de conhecimento sobre o assunto que os intervenientes detenham. Um trabalho em equipa com a inclusão de pessoas de várias áreas de atividade (Ex.: trabalhadores, economistas, técnicos, investigadores e gerência) são uma mais valia na busca de causas.

Um dos métodos adequado para a recolha de causas é, por exemplo, o “*brainstorming*”. O significado de diagrama na área da qualidade reside na sua função de melhorar um sistema de qualidade. (Simanová & Gejdoš, 2015)

2.2.1.1 Como fazer um diagrama de causa-efeito?

Existem algumas etapas para fazer um diagrama de Ishikawa com sucesso. (SPC Consulting Group, 2015)

1. Definir o problema a ser analisado/abordado;
2. Desenhar uma seta horizontal a apontar para o problema. Deve colocar-se o problema dentro de uma caixa. O sentido da seta é da esquerda para a direita (—▶)
3. Realizar um “*brainstorming*” com o maior número e diversidade profissional de intervenientes;
4. Dividir as causas encontradas nas seis (6) categorias: máquina, matéria prima, mão de obra, meio ambiente, método e medida conhecida como os 6M’s
5. Definir, se necessário, as subcausas.

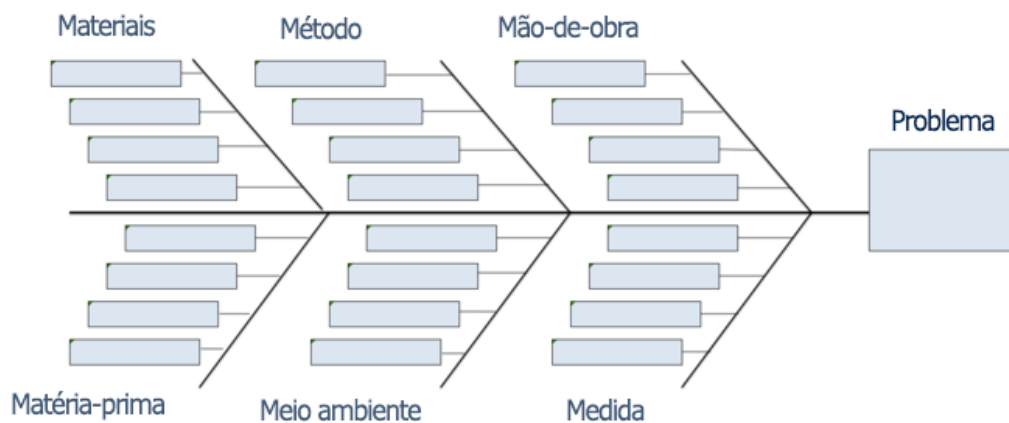


Figura 2 - Diagrama de Ishikawa

Na figura 2 é representado um esquema que ilustra um Diagrama de Ishikawa. (Blog do ERP Técnico EngWhere, n.d.)

2.3 Ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act)

Esta metodologia foi desenvolvida em 1930 devido ao aumento da concorrência entre produtos da mesma categoria e com um mercado voltado para a gestão da qualidade. O criador desta metodologia foi Walter A. Shewhart, um especialista em estatística americano. No entanto, foi mais tarde William Edward Deming que, em 1950 desenvolveu uma das ferramentas mais conhecidas em todo o mundo. Esta metodologia foi implementada com sucesso em empresas japonesas e mais tarde ficou então a ser conhecida como ciclo de Deming. (Silva, Medeiros, & Vieira, 2017)

Numa fase inicial esta metodologia era utilizada para controlo da qualidade dos produtos. Contudo, muito rapidamente passou a ser reconhecida como uma metodologia capaz de implementar melhorias ao nível do processo.

Atualmente, é caracterizada como uma ferramenta aliada à filosofia de melhoria continua. (Guo & Hariharan, 2012)

Os resultados reais de uma ação são comparados com o objetivo dessa mesma ação. A diferença entre os dois é mencionada e são tomadas as medidas corretivas caso a diferença seja superior à esperada. Esta natureza continua e repetitiva de melhoria segue a definição usual de controlo e é representada pelo ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) (M. Sokovic, D. Pavletic, 2010)

Desde a criação inicial desta metodologia até aos dias de hoje, este ciclo sofreu várias alterações. Deming substituiu o “*check*” por “*study*”, verificar por estudar formando o ciclo PDSA, em 1993.

Esta alteração, segundo Deming, foi devido ao facto de a palavra “*check*” induzir numa inspeção sobre uma análise, quando na verdade nesta terceira fase deve-se obter conhecimento sobre o processo/produto e não apenas uma verificação do seu estado. (Moen & Norman, 2009)

Na figura 3, é retrato o ciclo PDCA (Schuller et al., 2019).



Figura 3 - Ciclo PDCA

2.4 Extrusão

Extrusão é um processo contínuo em que a matéria plástica é introduzida na máquina e depois de sofrer diversas transformações, aquecimento, compressão e plastificação é expulsa através da fiação que lhe dá a forma desejada. O processo é unicamente executado numa única máquina à qual se denomina extrusora ou máquina de extrusão. Todo o subcapítulo de extrusão, incluindo as figuras, tem por base (Assunção, 2006).

2.4.1 Método de Transformação

2.4.1.1 Preparação do produto de Moldação

O produto de moldação pode ser fornecido já pronto para a sua utilização ou então há certas matérias primas que necessitam de ser misturadas com vários componentes auxiliares tais como: peróxidos, ajudantes de processo, pigmentos entre outros. Se se pretende obter produtos acabados perfeitos, torna-se imperativo que os aditivos sejam misturados intimamente com a matéria prima base. Se o produto de moldação estiver húmido é necessário proceder à sua secagem e para isso utilizam-se normalmente estufas.

2.4.1.2 Extrusão

Introduz-se o material pronto a extrudir na tremonha de alimentação. O fuso da extrusora, com movimento rotativo transporta a matéria prima (granulado) e imprime-lhe uma certa pressão. Assim, o material é aquecido, malaxado e plastificado durante o

seu deslocamento ao longo do cilindro. Neste estado a matéria plástica sai através da fieira que lhe confere a sua forma final.

Quando o material sai da fieira ainda não se encontra endurecido pelo que é necessário proceder-se a um arrefecimento. Este arrefecimento pode ser feito através de água, ar ou ambos.

O produto final ao sair da fieira é transportado por uma correia transportadora a qual deve possuir a mesma velocidade de extrusão.

2.4.2 Descrição da máquina

Os constituintes mais importantes de uma extrusora são: motor e caixa de engrenagens, cilindro, fuso, fieira, equipamento de aquecimento e equipamento de arrefecimento. Na figura abaixo pode observar-se esquematicamente a estrutura de uma extrusora.

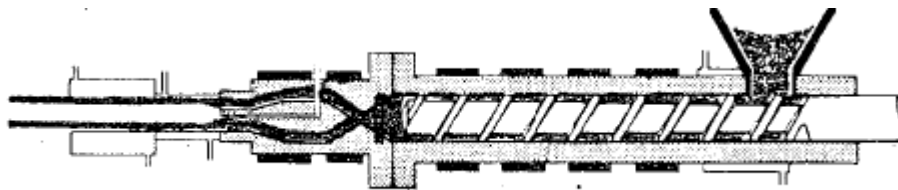


Figura 4 - Partes principais de uma extrusora com exceção do motor e engrenagens.

2.4.2.1 Motor e caixa de engrenagens

São utilizados motores de velocidades reguláveis para ativar o fuso obtendo-se através das engrenagens a precisão necessária. Representação esquemática na figura 5 retirada de (Magalhães & Castro, 2016).

As extrusoras mais recentes através da substituição da transmissão conseguem adaptar-se a qualquer tipo de matéria plástica.

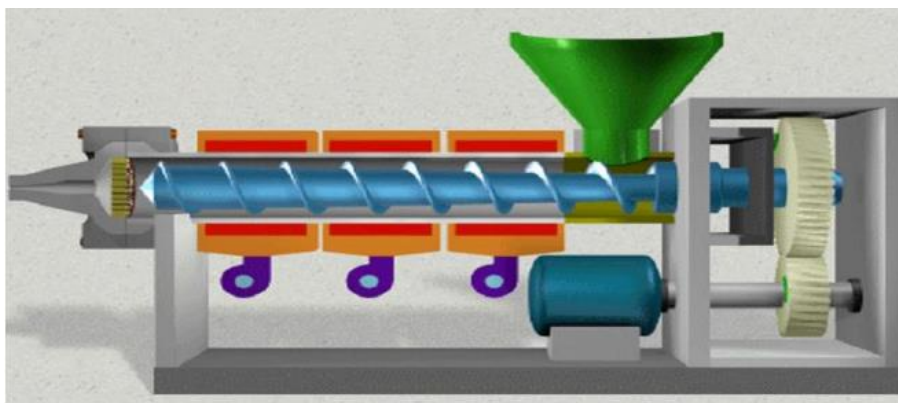


Figura 5 – Representação esquemática de uma extrusora incluindo a sua parte motriz

2.4.2.2 *Cilindro*

Em certas máquinas, o cilindro, dentro do qual roda o fuso é montado sobre rodas. Assim, caso se pretenda limpar/mudar o fuso apenas será necessário desapertar alguns parafusos e soltar o cilindro.

Devido ao facto, de vários plásticos atacarem o aço ordinário do cilindro e do fuso durante a sua plastificação é necessário que todas as peças que entram em contacto com a matéria plástica sejam fabricadas em aço especial.

2.4.2.3 *Fuso*

A parte mais importante de uma extrusora é o fuso. Este deve satisfazer as seguintes condições:

1. Fazer o avanço regular do material;
2. Criar a pressão desejada;
3. Misturar convenientemente o material;
4. Ser suficientemente comprido.

Distinguem-se três (3) zonas importantes ao longo do fuso.

Na primeira zona, o granulado ao sair da tremonha é recolhido e transportado sob pressão em direção à cabeça da extrusora.

Na segunda zona, o material começa a plastificar-se e torna-se fluido sob ação do calor e ao mesmo tempo sofre uma compressão. Neste estado, plastificado, é convenientemente comprimido e misturado.

Na terceira zona, o material sofre novamente um aumento de pressão e é expulso pela fieira sob pressão.

Chama-se taxa de compressão à relação entre o volume de uma certa quantidade de plástico à entrada do cilindro e o seu volume à saída do mesmo cilindro. A taxa de compressão depende do desenho do fuso.

2.4.2.4 *Cabeça da extrusora*

Este componente tem uma grande influência sobre a qualidade do produto final.

Pode compreender as seguintes peças: fieira, macho (punção), porta-macho (porta-punção), filtro, elemento de aquecimento e parafusos de centragem.

O material que chega à cabeça, no estado plastificado, é comprimido pelo fuso na cabeça da extrusora. A pressão e a velocidade de progressão do material dependem do tipo e velocidade de rotação do fuso.

Para intensificar a mistura e malaxagem é necessária uma pressão suplementar e para isso existe uma rede incorporada na cabeça, na extremidade do fuso. Esta rede é permutável.

O macho serve para regular o avanço da pasta em relação à fieira e também para determinar a forma interior de perfilados ocos, além disso este macho pode ser aquecido interiormente.

O fabrico da fieira exige uma grande perícia e experiência para lhe conferir uma forma correta. É um trabalho de precisão feito num aço de elevada qualidade. Uma fieira com qualidade pode produzir até mais de 10000 metros de produto com dimensões invariáveis.

2.4.2.5 Aquecimento e arrefecimento

As extrusoras devem também ser arrefecidas. Na zona abaixo da tremonha de alimentação o cilindro é arrefecido através de um circuito de água.

2.4.3 Fabricação de tubagens

A fabricação de tubagens é uma das mais importantes aplicações do processo produtivo de extrusão. É um produto que deve respeitar normas rigorosas e requer validações ensaios industriais rigorosos. Os diâmetros nominais interior e exterior, assim como a espessura da parede devem ser perfeitamente respeitados. A qualidade do produto deve ser uniforme em todo o seu comprimento. Uma instalação de fabrico de tubagens compreende os seguintes elementos (segundo a direção de deslocação do material): extrusora, cabeça da extrusora, aparelhos de calibração, sistema de arrefecimento, sistema transportador e dispositivo automático de corte ou de bobinagem como esquematicamente representado na figura 5. A adaptação da extrusora depende do tipo de plástico que vai extrudir. O fabricante da matéria prima deve ser consultado para uma boa adaptação (Ex.: tamanho do fuso, perfil de temperaturas a adotar).

Os fusos mais compridos asseguram uma melhor plastificação do material. Podem utilizar-se cabeças direitas ou angulares.

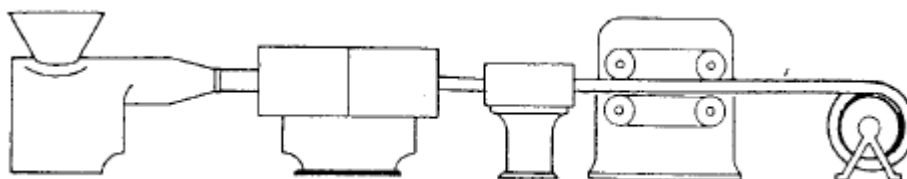


Figura 6 - Linha para fabrico de tubagens

2.5 Polietileno Reticulado (PEX)

O Polietileno reticulado representa o estado final da matéria prima que sofre uma transformação desde a sua fonte, neste caso o petróleo, até ao seu estado final referido anteriormente. Assim, o ponto de partida para a produção de uma tubagem PEX

(Polietileno reticulado) tem como base um Polietileno de Alta Densidade (PEAD). Este provém da polimerização do Etileno, ligação em cadeias de monómeros de Etileno, que deriva do petróleo em estado gasoso. Durante esta polimerização, longas cadeias de ramificações simples são formadas, como exemplifica a Fig.7.

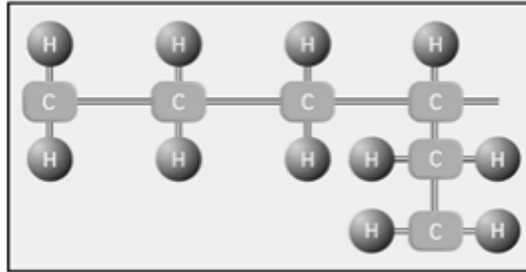


Figura 7 - Molécula de PEAD representada em esquema

As tubagens em Polietileno de Alta Densidade (PEAD) não permitem temperaturas de operação superiores a 40°C. Além disso, apresentam uma durabilidade aproximada de 50 anos. Assim, estas características fazem com que este material não seja compatível com os requisitos necessários para o fabrico de tubagens. Para que o incremento da temperatura de operação fosse possível, ter-se-ia de utilizar uma matéria prima com um peso molecular muito elevado e necessitar-se-ia de um processo de produção para este tipo de material.

Com a reticulação do PEAD consegue-se assim, aumentar a resistência a temperaturas de operação mais elevadas para a mesma pressão de funcionamento. Por outro lado, a flexibilidade da tubagem aumenta sendo maior quanto maior for o grau de reticulação. As tubagens em Polietileno reticulado são obtidas por extrusão, partindo de uma matéria prima base em Polietileno de Alta Densidade (PEAD) com aditivos que permitam a reticulação. A reticulação do Polietileno consiste na ligação transversal das cadeias obtendo-se uma rede tridimensional. Nas figuras abaixo são apresentadas, esquematicamente, as disposições moleculares do PEAD e do PEX.

Esta informação bem como as figuras da 7 à 9 têm por base (Duofil, 2015) e (Hojer, Jansen, Oderkerk, Venator, & Gmbh, n.d.)

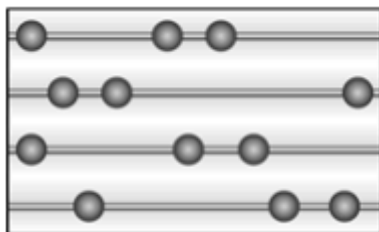


Figura 9- Disposição molecular do PEAD

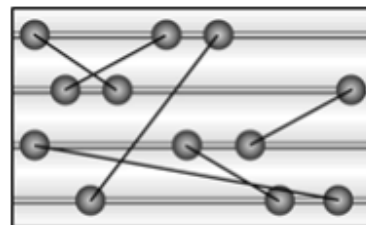


Figura 8 - Disposição molecular do PEX

Existem quatro métodos para a reticulação do polietileno: Método de reticulação química via peróxido (PE-Xa), método de reticulação química via silano (PE-Xb), método de reticulação física quando se recorre à irradiação e método de reticulação química via AZO.

Na figura 10 podemos facilmente visualizar os diferentes métodos de reticulação do polietileno (Ferreira, 2017).

Iremos mais a frente explicar mais detalhadamente o método de reticulação química via peróxido e via silano visto que são os abordados no presente trabalho.



Figura 10 - Diferentes métodos de reticulação do polietileno

2.5.1 Método de reticulação química via Peróxido (PE-Xa)

A reticulação química via peróxido foi o primeiro método comercial, semelhante à vulcanização da borracha. Esse método envolve a mistura do polímero com um peróxido durante o processo de extrusão e leva à formação de radicais livres que podem retirar átomos de hidrogénio da cadeia do polímero conduzindo a reticulação da cadeia polimérica e formação de uma estrutura de rede. Com base em (Morshedian & Hosseinpour, 2014).

Os três principais métodos de reticulação química via Peróxido são: método Engle, Pont à Mousson e Daoplast.

2.5.1.1 Método Engle

No processo Engel, uma mistura de polietileno e peróxido é alimentada numa extrusora de pistão alternativo. Este processo é feito sob alta pressão, portanto, o pó de polietileno é sinterizado e depois passa por uma matriz longa e aquecida, permitindo que a reticulação ocorra.

2.5.1.2 Método Pont à Mousson

Polietileno de baixa e média densidade com um peso molecular bastante baixo pode ser reticulado através do processo Pont à Mousson, no qual uma mistura de polietileno e peróxido é extrudada, seguida de reticulação em banho de sal a temperaturas variando de 250°C a 280°C

2.5.1.3 Método Daoplast

No processo Daoplast, polietileno (sem peróxido) é extrudado e o produto é exposto a um meio circundante contendo peróxido. O peróxido decompõe-se sob a aplicação de alta temperatura e pressão, gerando a reticulação do PE.

2.5.2 Método de reticulação química via Silano (PE-Xb)

2.5.2.1 Método Monosil

O processo em uma etapa, conhecido como Monosil foi patenteado em 1974 pelas empresas europeias BICC-UK e Maillefer. Neste processo, não é necessário a etapa de graftização e o silano líquido, peróxido e catalisadores são adicionados juntamente com o polietileno na zona de alimentação e a reticulação ocorre dentro da extrusora. Podem ocorrer limitações para acrescentar outros aditivos para coloração ou outras aplicações particulares do produto a ser extrudado, pois estes podem inibir a incorporação de silano e interferir no grau de reticulação do produto final. Na figura 11 é apresentado em esquema o processo monosil adaptado de (Ferreira, 2017) e (Morshedjian & Hosseinpour, 2014) bem como a informação presente neste tópico.

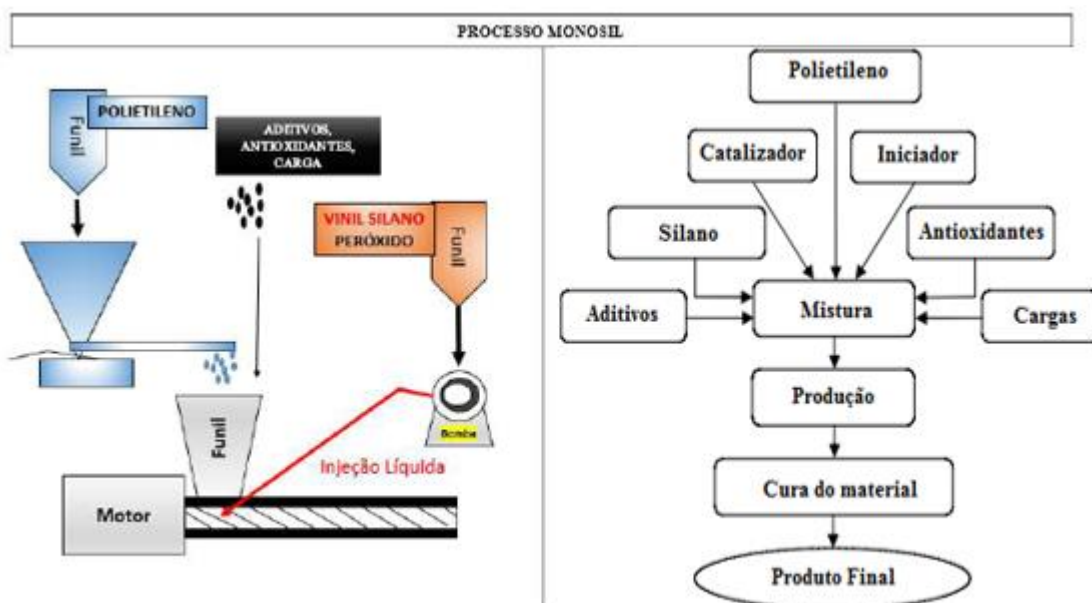


Figura 11 - Esquema do processo Monosil

2.5.2.2 Método Sioplás

O processo em duas etapas, conhecido como Sioplás ou do tipo bi-componente foi desenvolvido pela Midland Silicone Co, em 1968.

A primeira etapa compreende a graftização do silano no polietileno com a ajuda de pequenas quantidades de peróxido como iniciador, utilizando normalmente uma extrusora de dupla rosca e produção de *pellets* desse primeiro componente e posteriormente essa resina enxertada é combinada com catalisadores e aditivos específicos.

A mistura que dá origem ao catalisador inclui, tipicamente, uma quantidade de PE, um catalisador, um antioxidante, um estabilizador, e um lubrificante interno. A mistura base do catalisador também é produzida em *pellets* para facilitar a sua mistura com o primeiro componente enxertado, utilizando uma extrusora convencional. A resina enxertada e o catalisador são combinados numa proporção específica, fundidos e misturados em conjunto, gerando a reticulação do PE nos locais de enxerto de silano. O produto final é refrigerado em água ou ar ao sair da extrusora.

Industrialmente, esse primeiro componente é conhecido pelo termo “base”. Durante o processamento do produto a base é misturada com o segundo componente nomeado de “master” e outros aditivos.

Na figura 12 é apresentada uma figura ilustrativa do processo Sioplás adaptada de (Ferreira, 2017) e (Morshedian & Hosseinpour, 2014) bem como toda a informação presente neste tópico.

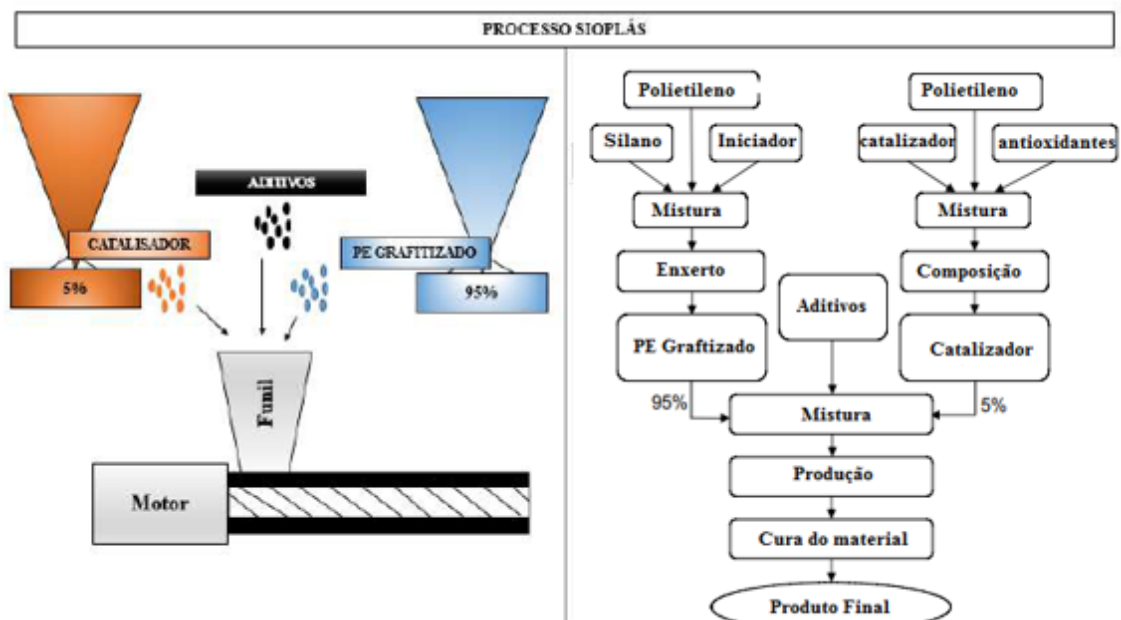


Figura 12 - Esquema do processo Sioplás

DESENVOLVIMENTO

- 3.1 CONTROLO DE DESPERDÍCIOS
- 3.2 CONTROLO E MINIMIZAÇÃO DE FALHAS
- 3.3 CONTROLO DE PARÂMETROS DE PROCESSO
- 3.4. DISCUSSÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Controlo de desperdícios

Para atingir este objetivo utilizou-se a metodologia associada ao ciclo PDCA, informação teórica sobre extrusão e ainda uma das sete ferramentas básicas da qualidade.

Na tabela abaixo podemos visualizar as tarefas planeadas para cada um dos tópicos/etapas.

Tabela 7 – Tarefas planeadas para cada etapa

Tópico/etapa	Tarefas Planeadas
3.1.1	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Acompanhamento da produção com fichas técnicas auxiliares de arranque (PFO); ✓ Elaboração de um procedimento eficaz de atualização, PFO, sempre que se torne necessário.
3.1.2	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Acompanhamento das misturas; ✓ Organização do Local; ✓ Elaboração de procedimentos operativos para redução/eliminação de falhas.
3.1.3	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Criação de procedimentos de registo de consumos de forma a ser possível fazer a contabilização por turnos.
3.1.4	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Elaboração de uma solicitação técnica capaz de avaliar a quantidade excedentária de tubo expedida.
3.1.4.1	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Criação de um procedimento capaz de resolver problemas de diversas origens.

3.1.1 Acompanhamento da produção com fichas técnicas auxiliares de arranque (PFO)

Realizou-se o acompanhamento da produção com fichas técnicas auxiliares de arranque (PFO). Mais à frente, no subcapítulo de controlo de parâmetros de processo, são apresentadas as PFO que sofreram alterações.

Um dos problemas encontrados foi a falta ou a desatualização deste tipo de controlo de processo e as consequências que daí advêm. Com vista à resolução deste problema foi implementado um novo procedimento de verificação/atualização de PFO.

De uma maneira geral, a ordem de fabrico ao entrar na produção deve fazer-se acompanhar da ficha técnica auxiliar de arranque (PFO) existente. Desta forma, poderá ser utilizada por parte dos operadores para arrancar com a linha de produção. Caso seja encontrada alguma disparidade de valores por parte dos operadores, estes devem assinalar na respetiva PFO. Estudos e desenvolvimento (ED) validará o produto com os ensaios necessários e se achar conveniente procede à alteração da PFO em questão.

Os resultados desta medida verificaram-se excelentes devido essencialmente a ser uma medida dinâmica e de fácil implementação.

3.1.2 Acompanhamento da preparação de misturas por Linha de trabalho (LT), por amostragem

Da análise mensal de produto não conforme uma das razões que mais contribuía para o elevado número de metros não conformes eram as misturas. Desta forma, realizou-se um acompanhamento de preparação de misturas tanto de PE-Xb como de PE-Xa. Este acompanhamento serviu para visualizar as diferenças entre os turnos para levar a cabo a mesma tarefa. Assim, posteriormente pode ser discutida e pensada a melhor forma de o fazer culminando na elaboração de procedimentos operativos. Foram elaborados os seguintes:

- ✓ PPO-048-2_preparação de misturas PE-Xb;
- ✓ PPO-050-1_preparação de misturas PE-Xa.

Estes procedimentos foram realizados com o intuito de padronizar as tarefas e foram afixados na zona das misturas, podem ser consultados em anexo. Foram também feitas remodelações e aquisição de novos recipientes e identificação dos mesmos com códigos através de cores para diferenciar as matérias primas específicas do PE-Xb e do PE-Xa e as que são comuns aos dois.

Tabela 8 - Comparação da zona das misturas antes e depois das remodelações





Tabela 9 - correspondência de cores

COR DA ETIQUETA	TUBO
vermelha	PE-Xb
Amarela	PE-Xa
Branca	PE-Xb e PE-Xa

3.1.3 Contabilização dos resultados obtidos por turno (sucata, sobreconsumo, rendimento líquido e rendimento útil)

Um dos problemas detetados para esta contabilização são os fracos registos e sua falta de fiabilidade. Como forma de resolução deste problema foram criados procedimentos operativos de consumos. Estes procedimentos foram organizados com o intuito de simplificar a sua contabilização sendo apenas necessário medir e/ou pesar sem ser necessário fazer cálculos. Os PPO elaborados são apresentados na tabela 10.

Tabela 10 - Procedimento de consumos elaborados/existentes

PROCEDIMENTO	LINHAS REFERENTES
PPO-043-2	LT14; LT30; LT31
PPO-049-1	LT11
PPO-039-1	LT2; LT3; LT29

Dos procedimentos enumerados na tabela acima são apresentados em anexos os seguintes:

- ✓ PPO-043-1
- ✓ PPO-049-1

3.1.4 Levantamento de medidas necessárias para diminuição de desperdícios

Um dos problemas detetados foi o envio de tubo a mais por metro. Ou seja, na marcação do tubo consta um metro, mas na prática terá um metro e alguns centímetros. Este problema está associado às linhas de PE-Xb uma vez que, este tubo após a sua fabricação necessita ser colocado no interior de uma estufa durante cinco horas (estudos realizados confirmam que com este tempo e na presença de vapor de água a uma determinada temperatura e pressão controladas, a reação química de reticulação acontece) para reticulação, só podendo ser expedido com 65% de taxas de reticulação (PE-Xb). (AENOR, 2004c). Assim, para contornar este problema coloca-se por cada metro um acréscimo de três centímetros.

De entre as medidas tomadas para a resolução deste problema destaca-se a solicitação técnica (ST025/19) que consiste na análise da retração do tubo depois da sua reticulação. Assim, irá reduzir-se a quantidade excedentária de tubo expedida.

A ST025/19 consistiu na análise de sete provetes para cada diâmetro produzidos nas três linhas de PE-Xb (LT2,3 e 29). O procedimento levado a cabo foi o seguinte:

1. Cortou-se, com auxílio de uma tesoura, sete provetes de aproximadamente 200mm de comprimento e três com aproximadamente 400mm;



Figura 14 - Provetes com aproximadamente 200mm



Figura 13 - Tesoura para corte de tubos e paquímetro de 400mm

- Mediu-se o comprimento dos provetes antes de entrarem na estufa. Foram feitas três medições para cada provete;



Figura 15 - Medição do comprimento antes da reticulação

- Mediu-se o comprimento dos provetes depois de saírem da estufa. Foram feitas três medições para cada provete;



Figura 16 - Medição do comprimento após reticulação

- Registou-se os valores nas tabelas de resultados

AMOSTRAS DN20 LT3	COMPRIMENTO DO PROVETE (mm) (ANTES DA RETICULAÇÃO)	MÉDIA	COMPRIMENTO DO PROVETE (mm) (APÓS A RETICULAÇÃO)	MÉDIA	RETRAÇÃO DO PROVETE (mm)
1	180,1	180,4	180,1	180,4	0,1
	180,5		180,4		
	180,7		180,6		

Figura 17 - Exemplo da tabela de registo de resultados

- Marcou-se comprimentos de 200mm separados uns dos outros 10mm num troço de tubo como ilustrado na figura abaixo (Apenas se fez este procedimento para o tubo DN 20x2,0 associado à LT29).

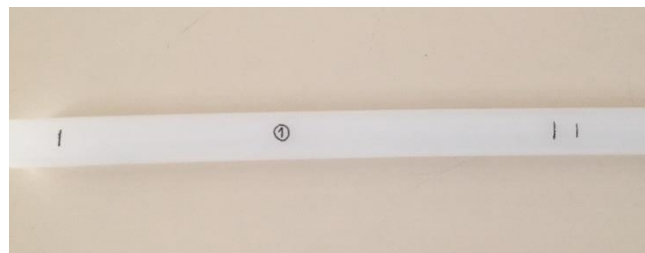


Figura 18 - Marcações de 200mm espaçadas 10mm

Na tabela abaixo pode verificar-se os tubos e as respetivas linhas de trabalho analisados bem como a data da amostra e da entrada na estufa.

Tabela 11 - Tubos analisados e a entrada na estufa

Retirada amostra	DN 12	DN 16	DN 20
LT2	---	24/05/2019	---
LT3	17/05/2019	22/05/2019	---
LT29	22/05/2019	17/05/2019	28/06/2019
Entrou na estufa	DN 12	DN 16	DN 20
LT2	---	31/05/2019	---
LT3	24/05/2019	24/05/2019	---
LT29	24/05/2019	24/05/2019	18/07/2019

Os resultados obtidos estão representados nas tabelas abaixo. Como podemos visualizar, a retração não é a mesma nos provetes pequenos e nos provetes grandes. É de salientar que as medições dos provetes pequenos são mais rigorosas que as medições dos grandes, visto que os equipamentos de medida utilizados foram diferentes. Neste caso, paquímetro para os provetes pequenos e fita métrica para os provetes grandes. Como previsto, consegue perceber-se que a retração é influenciada pelas taxas de reticulação bem como pela espessura do tubo que se está a fabricar. Ou seja, quanto maior a percentagem de taxas de reticulação maior a retração e quanto maior a espessura maior a retração.

Assim, pode dizer-se que com a colocação de um centímetro a mais por metro é suficiente para garantir a metragem correta. Passando assim, de um acréscimo de três centímetros para um. A escolha de um centímetro deve-se ao facto de ser a sensibilidade mínima da máquina de marcar.

Tabela 12 - Resultados da ST025/19 (provetes pequenos)

LT	DN (mm)	ESP. (mm)	COR	TIPO	DATA	HORA	MP1	MP2	VEL. (m/min)	TR (%)	RET. MÉDIA (mm)
3	12	1,1	CAST	PE-Xb	17/05/2019	10:08:54	M4040	SILFIN 302	28,3	55	0,3
3	16	1,5	CAST	PE-Xb	22/05/2019	09:24:42	M4040	SILFIN 302	19,5	58	0,4
2	16	1,5	AZ	PE-Xb	24/05/2019	16:56:24	M4040	SILFIN 302	22,1	70	0,7
29	12	1,1	CAST	PE-Xb	22/05/2019	09:28:19	M4040	SILFIN 302	25,7	52	0,4
29	16	1,5	CAST	PE-Xb	17/05/2019	10:19:37	M4040	SILFIN 302	18,2	53	0,5
29	20	2	NAT	PE-Xb	28/06/2019	13:01:37	M4040	SILFIN 302	13,1	55	1,0

Tabela 13 - Resultados da ST025/19 (provetes pequenos e grandes)

	PROVETES PEQUENOS		PROVETES GRANDES	
	COMP. MÉDIO (mm)	RET. MÉDIA (mm)	COMP. MÉDIO (mm)	RET. MÉDIA (mm)
LT3 DN12	194,5	0,3	390,6	0,6
LT3 DN16	195,8	0,4	398,6	1,1
LT29 DN12	190,6	0,4	395,6	1,0
LT29 DN16	196,5	0,5	397,0	1,2
LT2 DN16	195,8	0,7	391,6	1,5
LT29 DN20	189,6	1,0	375,6	1,8
LT29 DN20 (Troço contínuo)¹	10,0	0,3	200,0	1,9

3.1.4.1 Resolução de problemas

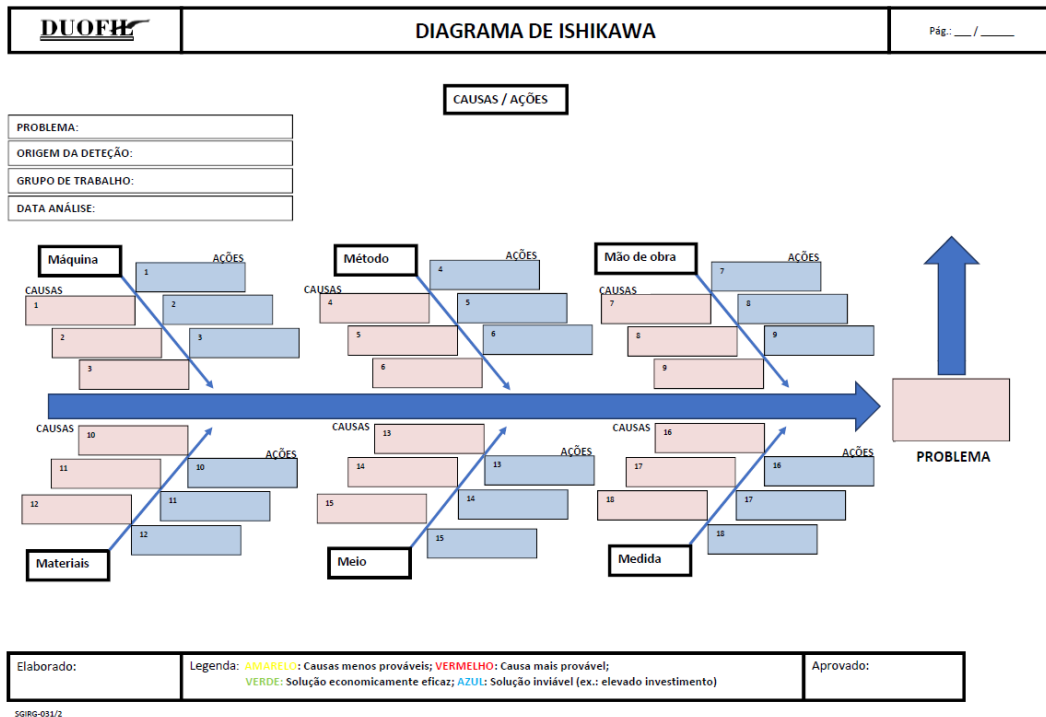
Esta resolução de problemas foi inicialmente focada na resolução de problemas que originaram reclamações. No entanto, no decorrer deste desenvolvimento decidiu-se alargar o foco e implementar este procedimento para qualquer tipo de problema. Assim, decidiu-se repensar um documento existente e utilizar uma das sete ferramentas básicas da qualidade para nos ajudar nesta tarefa. A ferramenta que se considerou ser mais indicada, foi o diagrama de causa-efeito.

O impresso criado foi o SGIRG-031-2_analise de problemas. Este impresso está organizado em 3 folhas de Excel da seguinte forma:

- ✓ 1ª folha – Análise dos Problemas;
- ✓ 2ª folha – Descrição das causas e das ações;
- ✓ 3ª folha – Prazos para as possíveis soluções.

Relativamente à análise dos problemas é feita recorrendo a um diagrama de causa-efeito sendo que as causas do problema são colocadas do lado esquerdo da seta e as possíveis soluções dessa causa do lado direito. Estando a análise feita para cada um dos 6M's procede-se à classificação das causas e das soluções com o auxílio de cores e de acordo com a legenda que podemos ver na tabela 14.

¹ Relativamente a este tubo não se trata de provetes grandes nem pequenos, mas sim de troços de 200mm e seu espaçamento de 10mm.



Elaborado:	Legenda: AMARELO: Causas menos prováveis; VERMELHO: Causa mais provável; VERDE: Solução economicamente eficaz; AZUL: Solução inviável (ex.: elevado investimento)	Aprovado:
------------	--	-----------

Figura 19 - Primeira folha - Análise dos problemas

Esta análise deve ser feita com o maior número de intervenientes possível e das demais diversas áreas recorrendo para isso a um *brainstorming*. Devem ser preenchidos os restantes campos como o grupo de trabalho, problema em análise, origem da deteção e a data.

Antes de estarem todos reunidos para a apresentação das causas, o moderador deve colocar uma foto (se possível) em cima da seta que sai da caixa relativa ao problema. Quanto à descrição das causas e das ações, esta deve ser feita de maneira pormenorizada e clara neste campo já que na 1ª folha são apenas mencionadas. Na terceira folha, devemos definir os prazos das ações/resoluções e ainda os responsáveis pelas mesmas.

Tabela 14 – Legenda das causas e das soluções.

Amarelo	Causas menos prováveis
Vermelho	Causa mais provável
Verde	Solução economicamente eficaz
Azul	Solução inviável (ex.: elevado investimento)

Foram elaboradas as análises presentes na tabela 15.

Tabela 15 - Análises elaboradas

PROBLEMAS	ORIGEM DA DETEÇÃO
Análise de bolhas LT13	INTERNA
Tube com defeito visual e fora de especificações	RC07/19
Rolos com metragem incorreta	RC04/19

Em anexo são apresentados os seguintes ficheiros:

- ✓ SGIRG-031-2_analise de problemas
- ✓ RC07/19
- ✓ RC04/19

3.2 Controlo e minimização de falhas

Para atingir este objetivo utilizou-se a metodologia associada ao ciclo PDCA, informação teórica sobre extrusão e ainda os 5S.

Na tabela abaixo podemos visualizar as tarefas planeadas para cada um dos tópicos/etapas.

Tabela 16 - Tarefas Planeadas para cada etapa

Tópico/etapa	Tarefas Planeadas
3.2.1	✓ Elaboração de procedimentos operativos de arranque para cada Linha de fabricação.
3.2.2	✓ Organização dos espaços; ✓ Organização das estantes bem como a correta identificação das ferramentas.

3.2.1 Melhoria dos procedimentos de arranque por LT (*Checklist*)

Um dos problemas que se verificava era a falta de informação relativa ao arranque das linhas que maior parte das vezes resultava em arranques incorretos. Estes arranques incorretos apenas são corrigidos arrancando de novo, ou seja, mais 8 horas de trabalho (tempo de arranque médio) sem produzir produto conforme.

Com o intuito de resolver este problema realizou-se um acompanhamento diário do arranque das linhas para elaboração dos procedimentos operativos de arranque (PPO) para a padronização das tarefas. Esta observação consistiu na análise do arranque da mesma máquina pelos três turnos para posterior discussão sobre o modo mais prático e eficaz de o fazer. O método (ou a junção de métodos) que verificou essas condições

foi o escolhido para a padronização levada a cabo através dos PPO de arranque. Estes procedimentos estão organizados da seguinte forma:

- ✓ Parte inicial – Constituída pela preparação para arranque, indica-nos as tarefas e o que devemos ter pronto para um arranque eficaz;
- ✓ Procedimento – Constitui todos os passos para o arranque acompanhados de fotografias;
- ✓ Resolução de problemas – Constitui uma lista de defeitos/problemas mais comuns seguidos da sua causa e da sua possível resolução;
- ✓ Responsabilidades – Distribui as responsabilidades de cumprimento e supervisão deste procedimento.

Na tabela 16 pode verificar-se o estado do PPO relativo a cada linha de fabricação com a respetiva legenda associada a tabela 17.

Tabela 17 - Estado do PPO

LT2	LT3	LT29	LT14	LT30	LT31	LT13	ENGEL	LT20	LT12	LT11

Tabela 18 - Legenda da tabela 16

	Emitido, divulgado e distribuído na pasta do SGI
	<i>Draft</i> a aguardar validação
	<i>Draft em elaboração</i>

Dos Procedimentos da tabela 9 são apresentados em anexos os seguintes:

- ✓ PPO-034-2_arranque LT14
- ✓ PPO-046-1_arranque LT29

3.2.2 Organização/melhoria dos meios necessários para os procedimentos de arranque

Levou-se a cabo a organização das estantes de apoio das linhas de trabalho de modo a ter as ferramentas sempre no mesmo sítio e sempre prontas a ser utilizadas e identificadas minimizando assim, erros e desaparecimentos. Para isso, foram afixadas placas de sinalética com a correta disposição dos equipamentos com o aviso para se manter sempre da mesma forma. Foi aplicada este tipo de sinalética a diferentes zonas tais como: estantes de apoio das linhas, carrinhos de suporte, estantes entre outras. Neste sentido, foi aplicada também sinalética de segurança em diferentes zonas de modo a evitar acidentes por descuido ou negligencia. Colocou-se este tipo de sinalética em diferentes zonas entre as quais destacam-se a zona de teflonização, zona do forno, acondicionamento de bobines em estantes entre outras.

Tabela 19 - Alguns exemplos de sinalética remetente para a arrumação



Tabela 20 - Alguns exemplos de sinalética remetente para a segurança



3.3 Controlo de parâmetros de processo

Para atingir este objetivo utilizou-se a metodologia associada ao ciclo PDCA, informação teórica sobre extrusão e ainda ferramentas básicas da qualidade.

Na tabela abaixo podemos visualizar a relação entre o capítulo dois e o capítulo três relativamente ao terceiro objetivo.

Tabela 21 - Tarefas planeadas para cada etapa

Tópico/etapa	Tarefas Planeadas
3.3.1	✓ Atualização/realização de fichas técnicas auxiliares de arranque para cada produto.
3.3.2	✓ Controlo das velocidades de fabricação; ✓ Levantamento e implementação das medidas necessárias para aumento de velocidades de fabricação.

3.3.1 Levantamento e alteração dos parâmetros de processo através de fichas técnicas auxiliares de arranque (PFO)

Para que o processo esteja controlado e estável é imperativo a existência de uma ficha técnica auxiliar de arranque para cada tipo de produto onde se possam estabelecer todos os parâmetros relativos ao processo bem como a sua tolerância.

Realizou-se o levantamento de parâmetros de extrusão para cada produto em função da matéria prima e atualizadas/realizadas as PFO.

Esta atualização foi elaborada com base em alterações de matéria prima, alteração de velocidades de extrusão e outras.

A aprovação deste tipo de documentos é realizada através da aprovação de um ensaio industrial (EI). Este, por sua vez consiste na aprovação dimensional, visual e além disso requer validações de ensaios industriais específicos para cada tipo de tubagem. Uma vez que, os requisitos técnicos variam consoante o tipo de tubagem (Ex.: PEX, multicamada e tubos corrugados) que se está a produzir bem como a sua finalidade (Ex.: água ou gás). Na tabela 20, pode verificar-se as PFO elaboradas para os tubos de PE-Xb bem como os ensaios necessários que levaram à sua aprovação (taxas de reticulação, *oxidation induction time* (OIT) e ainda ensaio de pressão a uma temperatura de 95°C durante 165 horas). (AENOR, 2004a)(AENOR, 2004b). Na tabela 21, verifica-se as PFO aprovadas relativas ao tubo multicamada bem como os ensaios necessários para tal (*peeling*, *ring*, e ensaio de pressão a uma temperatura de 95°C durante 165 horas). (AENOR, 2010)(CEN, 2017). Na tabela 22 e 23 são apresentadas as PFO aprovadas relativas ao tubo de PE-Xa com os ensaios necessários à sua aprovação (taxas de reticulação, *oxidation induction time* (OIT) e ainda ensaio de pressão a uma temperatura de 95°C durante 165 horas).

Na figura 20 é representado um exemplo de ficha técnica auxiliar de arranque genérica. No total foram elaboradas e aprovadas com os respetivos ensaios 24 fichas técnicas auxiliares de arranque.

DUOFIL		FICHA DE TRABALHO (CONTROLO DO PROCESSO) LT20									
PRODUTO											
PARÂMETROS		Valor padrão	Turno: Op. 1	Turno: Op. 2	Turno: Op. 3	Turno: Op. 4	Turno: Op. 5	Turno: Op. 6	Turno: Op. 7	Turno: Op. 8	Turno: Op. 9
ENROLADOR		---	/	/	/	/	/	/	/	/	/
MÁQUINA DE MARCAR		---									
DETECTOR DEFEITOS (camada ext)		---									
diâmetro exterior rolo (mm)											
largura roo (mm)											
diâmetro interior rolo (mm)											
Temperatura Z1 (°C)											
Temperatura Z2 (°C)											
Temperatura Z3 (°C)											
Temperatura Z4 (°C)											
Temperatura Z5 (°C)											
Temperatura H1 (°C)											
Temperatura H2 (°C)											
Temperatura H3 (°C)											
Temperatura H4 (°C)											
Temperatura H5 (°C)											
Temperatura H6 (°C)											
Temperatura H7 (°C)											
Fuso (rpm)											
Amperagem Motor (%)											
Pressão Cabeça (bar)											
Vácuo (bar)											
Temperatura água arrefecimento (°C)											
Diâm. à saída da tina de vácuo (mm)											
Ovalização à saída tina vácuo (mm)											
Velocidade do puxo											
Temperatura Z1 (°C)											
Temperatura Z2 (°C)											
Temperatura Z3 (°C)											
Temperatura H2 (°C)											
Temperatura H3 (°C)											
Temperatura H4 (°C)											
Fuso (rpm)											
Amperagem Motor (A)											
Largura do Alumínio (mm)											
Potência indutor zona 1											
Potência indutor zona 2											
Potência indutor zona 3											
Potência indutor zona 4											
Amplitude (A)											
Frequência (Hz)											
Diâmetro após compactação (mm)											
Temperatura Z1 (°C)											
Temperatura Z2 (°C)											
Temperatura Z3 (°C)											
Temperatura Z4 (°C)											
Temperatura H1 (°C)											
Temperatura H2 (°C)											
Temperatura H3 (°C)											
Temperatura H4 (°C)											
Temperatura H5 (°C)											
Fuso (rpm)											
Amperagem Motor (%)											
Pressão Cabeça (bar)											
Temperatura Z1 (°C)											
Temperatura Z2 (°C)											
Temperatura Z3 (°C)											
Temperatura H2 (°C)											
Temperatura H3 (°C)											
Temperatura H4 (°C)											
Fuso (rpm)											
Consumo de adesivo (g/m)											
Amperagem Motor (%)											
OBSERVAÇÕES											

NOTA: sempre que fizerem alterações ao processo, devem repetir o registo do controlo do processo. Isto é válido também para mudanças de enrolado

SGIRO-2003

Figura 20 - Exemplo de uma ficha técnica auxiliar de arranque (PFO) genérica

Tabela 22 - PFO's aprovadas relativas ao tubo de PE-Xb e os respetivos ensaios de validação necessários

LT	PRODUTO	O. F	DATA	HORA	FORMULAÇÃO	ASPETO VISUAL	CONTROLO DIMENSIONAL	TR (%)	OIT (min)	P 95°C (165h)	P20°C (1h)
3	12x1,1 LISERET	99721	03-04-2019	09h03	Habitual	OK	OK	66	57	OK	---
3	16X1,5 LISERET	99727	01-04-2019	12h06	Habitual	OK	OK	70	47	OK	---
29	12x1,1 LISERET	100065	01-05-2019	23h16	Habitual	OK	OK	73	N TEM	OK	---
29	16X1,5 LISERET	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	16X1,5 PE-Xb	100322	06-06-2019	22h51	Habitual	OK	OK	71	56	OK	---
29	16x1,5 PE-Xb	99380	12-01-2019	3h20	Habitual	OK	OK	82	37	OK	---
3	16x1,5 PE-Xb	100356	12-06-2019	4h05	Habitual	OK	OK	72	N TEM	OK	---
2	12X1,1 PE-Xb	100606.1	09-07-2019	20h44	Habitual	OK	OK	73	56	OK	---
29	12X1,1 PE-Xb	100393	11-06-2019	23h00	Habitual	OK	OK	71	> 40	OK	OK
3	20X1,9 PE-Xb	99972	05-04-2019	11h19	Habitual	OK	OK	78	52	OK	---
3	16x2,0 PE-Xb NAT	100407	29-06-2019	20h35	Habitual	OK	OK	78	58	OK	---
29	20X2,0 PE-Xb NAT	100408	28-06-2019	11h57	Habitual	OK	OK	72	55	OK	---
29	12X2,0 PE-Xb NAT	100406	28-06-2019	14h00	Habitual	OK	OK	78	54	NOK	---
29	17X2,0 PE-Xb BAO	100498	01-07-2019	3h56	Habitual	OK	OK	71	53	P8760h (110°C)	---

Tabela 23 - PFO's aprovadas relativas ao tubo de multicamada e os respetivos ensaios de validação necessários

LT	E. I	PRODUTO	OF	DATA	HORA	FORMULAÇÃO	ASPETO VISUAL	CONTROLO DIMENSIONAL	PEELING (N/cm)	RING (N)	P 95°C (165h)	P 20°C (1h)
20	058/19	20x2(0,2)	100450	28-06-2019	19h00	Habitual	OK	OK	90	2448	OK	OK
20	041/19	16x2(0,2)	100123	14-05-2019	08h12	Habitual	OK	OK	77	2553	OK	OK

Tabela 24 - PFO's aprovadas relativas ao tubo de PE-Xa (HE1878E) e os respetivos ensaios de validação necessários

LT	PRODUTO	O. F	DATA	HORA	FORMULAÇÃO	ASPETO VISUAL	CONTROLO DIMENSIONAL	TR (%)	OIT (min)	P 95°C (165h)	P20°C (1h)
13	16x2,2 NAT	99863	05-04-2019	11h31	Habitual	OK	OK	68	47	OK	OK
13	20X2,0 NAT	99865	06-05-2019	19h00	Habitual	OK	OK	73	---	OK	---
13	20X2,8 NAT	99867	18-05-2019	12h07	Habitual	OK	OK	69	53	OK	---
13	16X2,0 PRT	99861	05-04-2019	22h08	Habitual	OK	OK	70	70	OK	---
13	16x2,2 PRT	99864	09-04-2019	16h00	Habitual	OK	OK	74	72	OK	OK

Tabela 25 - PFO's aprovadas relativas ao tubo de PE-Xa (HE2591) e os respetivos ensaios de validação necessários

LT	PRODUTO	O. F	DATA	HORA	FORMULAÇÃO	ASPETO VISUAL	CONTROLO DIMENSIONAL	TR (%)	OIT (min)	P 95°C (165h)	P20°C (1h)
13	20X2,8 NAT	99711	28-02-2019	10h36	Habitual	OK	OK	74	66	OK	OK
13	16X2,2 NAT	99590	08-02-2019	8h37	Habitual	OK	OK	69	67	OK	---
13	16X2,0 NAT	99409	15-01-2019	10h00	Habitual	OK	OK	75	56	OK	---

3.3.2 Levantamento de medidas necessárias para aumento de velocidades

Para o levantamento das medidas necessárias para o aumento de velocidades foi elaborado um ficheiro em Excel alimentado e discutido diariamente. Este ficheiro estava organizado da seguinte forma: para cada produto a ser fabricado registou-se a metragem, operador, chefe de equipa, velocidade *standard*, matéria prima principal, enrolador, velocidade real, velocidade do puxo, justificação, data, hora da leitura, observações, responsável e percentagem como mostra na figura seguinte:

LT	Produto	Metragem (m)	Operador	Chefe de equip	Velocidade standard (m/min)	Matéria-Prima principal	Enrolador	Velocidade real (m/min)	Velocidade do puxo (m/min)	Justificação	Data	Hora da Leitu	Observações	Respon sã	Percentagem (%)
14	22 DUO PIP-12X1,1 PE-Xb	100	527	277	8	MARLEX 5502 HB	LT14	8,2	18,3	---	28-11-2018	11h30	---	JC	2
14	22 DUO PIP-12X1,1 PE-Xb	50	527	277	7	MARLEX 5502 HB	LT14	8,3	17,9	---	29-11-2018	8h30	---	JC	19
14	40 PIP-25X2,3 PE-Xb	50	519	164	6	MARLEX 5502 HB	LT14	7,2	15,9	---	04-12-2018	8h40	---	JC	19
30	26 PIP-16X1,5 PE-Xb	100	582	164	16	MARLEX 5502 HB	ONDA 1	14,2	15,0	PROBLEMAS NO ENROLADOR	05-12-2018	9h20	---	JC	-11
30	22 PIP-12X1,1 PE-Xb	100	545	277	16	MARLEX 5502 HB	ONDA 1	14,8	13,4	PROBLEMAS NO ENROLADOR	28-11-2018	9h45	---	JC	-8
30	32 PIP-20X1,9 PE-Xb	25	582	164	8	MARLEX 5502 HB	ONDA 1	8,7	8,0	---	04-12-2018	8h40	---	JC	9
30	32 PIP-20X1,9 PE-Xb	50	545	277	8	MARLEX 5502 HB	ONDA 1	8,8	8,1	PROBLEMAS NO ENROLADOR	30-11-2018	8h35	AUMENTOU-SE A VELOCIDADE	JC	10
2	16X1,5-PE-Xb	BOB	429/593	164	14	M4040	BOB	20,6	18,0	---	05-12-2018	10h37	---	JC	47
2	16X1,5-PE-Xb	BOB	429/416	164	14	M4040	BOB	20,1	18,0	---	04-12-2018	10h10	---	JC	44

Figura 21 - Ficheiro do registo diário de velocidades

Assim, foi possível corrigir as velocidades que estavam abaixo da *standard* e ainda fazer um levantamento e posterior discussão sobre como aumentar algumas das velocidades *standard*. Para isso, utilizou-se o impresso SGIRG-031-2_analise de problemas com o objetivo de fazer um levantamento das principais medidas necessárias para se poder aumentar estas velocidades.

Algumas medidas tomadas, no geral, que direta ou indiretamente tiveram influência tanto na qualidade do produto como também no aumento da velocidade *standard*:

- ✓ Melhoria das águas no geral (Ex.: Limpeza dos filtros e redes, 2/3 bombas a funcionar no ativo, obrigatoriedade de todas as tampas sempre fechadas, limpeza e manutenção da torre de refrigeração)
- ✓ substituição das bombas dos furos para bombas com débito superior, com uma de reserva.

Medidas específicas tomadas em cada linha de fabricação que levaram ao aumento da velocidade *standard*:

- ❖ LT14
 - ✓ Revisão das maxilas com aspiração.
- ❖ LT30
 - ✓ Sistema de refrigeração da garganta;
 - ✓ Revisão das maxilas com aspiração;
 - ✓ Limpeza da corrugadora;
 - ✓ Fuso novo.

- ❖ LT31
 - ✓ Aquisição de peça para arrefecimento;
 - ✓ Incorporação das rodas turcas no início da linha;
 - ✓ Bomba de vácuo nova.
- ❖ LT2
 - ✓ Banho de cromo-duro na fieira (melhoria no aspeto visual e também redução de babas);
 - ✓ Troca do puxo pelo da LT21.
- ❖ LT3
 - ✓ Aumento da frequência de limpeza dos chuveiros bem como das tinas de vácuo.
- ❖ LT29
 - ✓ Aumento de 10% da inclinação da extrusora;
 - ✓ Fez-se mais um furo para libertar o silano que se perde da mistura e para evitar a destruição dos retentores por parte deste agente altamente corrosivo;
 - ✓ Aumento da frequência de limpeza dos chuveiros bem como das tinas de vácuo.
- ❖ LT20
 - ✓ Ajuste dos parâmetros de consumo de gases para uma relação de (4Árgon-2Hélio);
 - ✓ Aplicação dos conselhos dados pelo técnico da marca;
 - ✓ Arrefecimento eficaz da tocha;
 - ✓ Utilização de água destilada;
 - ✓ Restabelecimento do funcionamento original do controlo automático das águas;
 - ✓ Manutenção nos roletes;
 - ✓ Aplicação de um chiller na 1ª tina de vácuo para baixar a temperatura da água;
 - ✓ Acoplamento fixo da máquina de marcar.
- ❖ LT11
 - ✓ Troca para uma extrusora com débito superior;
 - ✓ Alteração dos parâmetros de extrusão;
 - ✓ Ferramenta universal para a cabeça, ou seja, capaz de produzir todos os diâmetros sem necessitar de se trocar.
- ❖ LT12
 - ✓ Cabeças turcas;
 - ✓ Cone de formação (DN 25) em Nylon;
 - ✓ Retificação das lâminas de corte de aparas;
 - ✓ Retificação dos bicos;
 - ✓ Criação de flanges para prevenir entupimento do orifício.

O procedimento tomado para a atualização das velocidades foi:

- ✓ Registo das velocidades reais de fabricação diárias;
- ✓ Discussão das mesmas;
- ✓ Registo de ensaio industrial (EI) aquando aumentos consideráveis;
- ✓ Fecho do EI pelo ED, com base nos resultados da PROD e do SVQ;
- ✓ Emissão de PFO e de todos os elementos necessários associados a esse aumento.

Os aumentos de velocidade registados com ensaios industriais são os apresentados na tabela 24 e no gráfico 1.

Conseguiu-se também aumentos de velocidade consideráveis na linha de fabricação de tubos isolados (LT11) no entanto, como esta linha não necessita de registo de EI estes resultados não são mencionados na tabela 24, mas sim na tabela 25 e no gráfico 2.

Tabela 26 - Listagem de EI'S com aprovação que deram origem a aumentos de velocidade

LT	VELOCIDADE STANDARD (ANTES) m/min	VELOCIDADE STANDARD (DEPOIS) m/min	OBSERVAÇÕES	APROVAÇÃO EI	AUMENTO (%)
LT2	16	22		mai/19	37,5
LT3	16	19		mai/19	18,8
LT3	8	11		mai/19	37,5
LT3	22	26	LISERET	mai/19	18,2
LT29	22	25		mai/19	13,6
LT14	6	10		mai/19	66,7
LT20	30	35		mai/19	16,7
				MÉDIA	29,8

Tabela 27 - Aumentos de velocidade registados na linha de fabricação 11

PRODUTO	VELOCIDADE STANDARD (ANTES) m/min	VELOCIDADE STANDARD (DEPOIS) m/min	LT	OBSERVAÇÕES	AUMENTO (%)
30x16x2	4	6,8	11	multicamada isolado	70,0
34x20x2	4	6,4	11	multicamada isolado	60,0
48x25x2.5	4	4,9	11	multicamada isolado	22,5
48x26x3	4	4,9	11	multicamada isolado	22,5
37x22x12	4	8,5	11	PIP isolado	112,5
40x26x16	4	6,9	11	PIP isolado	72,5
46x32x20	4	6,1	11	PIP isolado	52,5
				MÉDIA	58,9

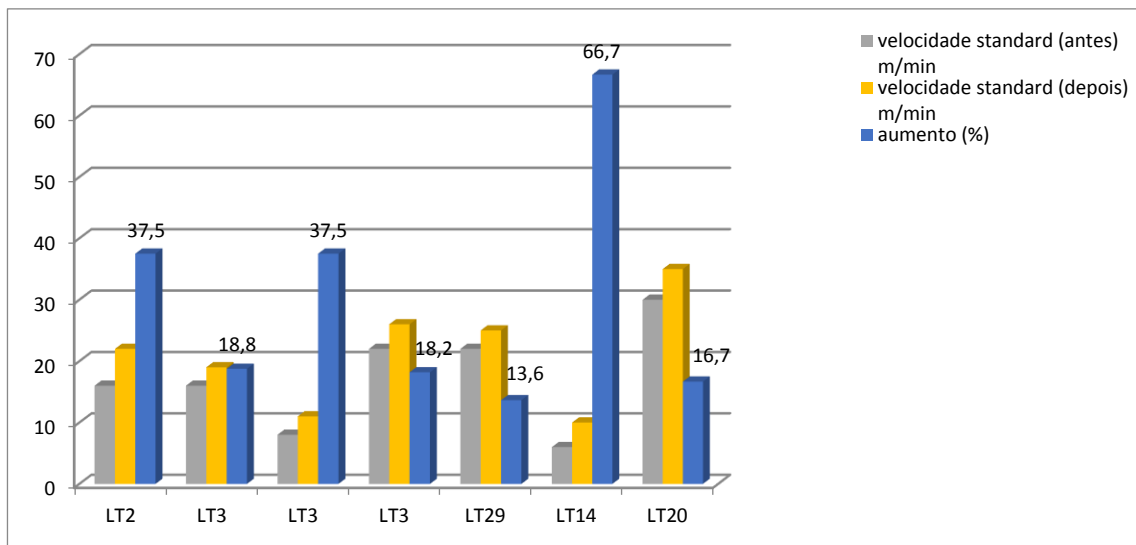


Gráfico 1 - Análise dos aumentos de velocidade

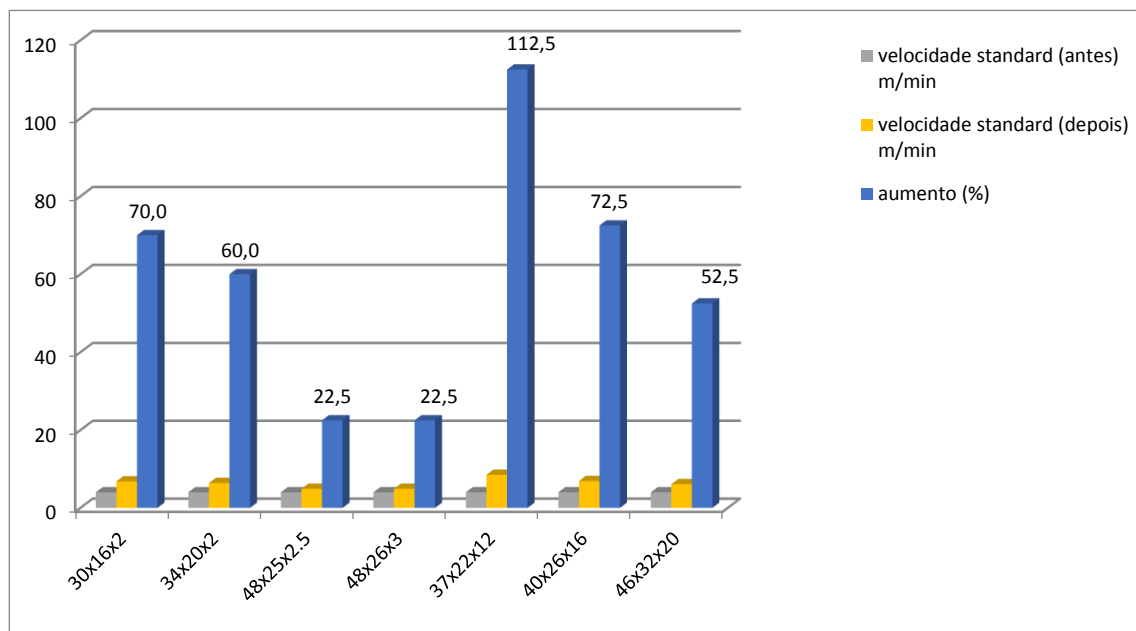


Gráfico 2 - Análise dos aumentos de velocidade relativos à LT11

3.4 Discussão e análise de resultados

De uma maneira geral, os resultados obtidos foram bastante positivos nos três grandes objetivos.

Relativamente ao controlo de desperdícios, destaca-se a ST025/19 que de uma forma direta reduz 2 centímetros por metro. Por mês produz-se aproximadamente 2 376 000 metros de tubo PE-Xb. Assim, consegue evitar-se o envio de 47 520 metros desnecessários por mês.

Relativamente ao controlo e minimização de falhas, conseguiu-se reduzir o tempo de *setup* em 1h30 com a organização das ferramentas de trabalho nas respetivas bancadas/estantes.

Relativamente ao controlo de parâmetros de processo, destaca-se a extrema importância no controlo do processo em si. As fichas técnicas auxiliares de arranque fazem com que o processo se torne constante e estável fazendo então, reduzir em muito os custos associados à não qualidade reduzindo a quantidade de produto não conforme. O controlo e atualização destas fichas técnicas auxiliares de arranque associadas às medidas originadas através da análise proveniente do diagrama de Ishikawa culminaram no aumento significativo de velocidades de extrusão. Destes aumentos, destacam-se os associados à linha de fabricação de tubos isolados em que o aumento chega a ser de 112,5% associado ao tubo 37x22x12 *ISOLATED PIPE IN PIPE*. É também notório o aumento de 66% referente à LT14.

CONCLUSÕES

- 4.1 CONCLUSÕES
- 4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4.1 CONCLUSÕES

Relativamente ao primeiro objetivo, controlo de desperdícios, foram feitas alterações na zona de misturas (Ex.: novos recipientes com cores identificativas, aumento das tabelas, organização do local). Foram elaborados procedimentos operativos de misturas para o PE-Xb e PE-Xa. Levou-se a cabo a ST025/19 com o intuito de diminuir a quantidade excedentária de tubo expedida, passando assim de três centímetros para um centímetro. Elaborou-se ainda, um procedimento de resolução de problemas com o objetivo de perceber e atuar sobre os mesmos de uma forma mais eficaz.

Relativamente ao segundo objetivo, controlo e minimização de falhas, elaborou-se PPO's de arranque para as linhas de fabricação, procedeu-se à limpeza e organização das estantes de suporte das linhas e ainda à afixação de sinalética de segurança de algumas zonas (Ex.: zona de teflonização, bobines, zona do forno) e posterior sensibilização dos operadores para tal.

Quanto ao último objetivo, controlo de parâmetros de processo realizou-se PFO's para as linhas de fabricação de PE-Xb, PE-Xa e multicamada e ainda a implementação de um procedimento para que esta atualização seja um processo ativo e eficiente. Conseguiu-se aumentar consideravelmente algumas velocidades de fabricação com recurso a pequenas alterações e essencialmente a um controlo mais apertado.

Assim, o resultado global deste projeto foi conseguido com sucesso. Resultando em aumentos consideráveis de velocidade de extrusão, padronização das tarefas bem como uma maior eficiência na sua execução aliada a uma diminuição considerável de erros associados.

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros e numa perspetiva do sucesso contínuo da empresa era interessante a execução de todos os procedimentos de arranque associados a todas as linhas de fabricação, bem como a definição e identificação clara de todas as ferramentas.

Quanto a solicitação Técnica levada a cabo seria interessante um escrutínio mais claro e pormenorizado da retração associada aos tubos de PE-Xb sendo para isso necessários equipamentos de medição com uma menor incerteza associada para tamanhos acima 250mm.

Relativamente ao controlo de desperdícios seria importante um acompanhamento e definição de medidas a implementar para baixar ainda mais a quantidade de sucata diária.

É ainda, imperativo a busca de alternativas para a reutilização/reciclagem de produtos como PEX e ainda a busca de soluções para a separação do alumínio do PERT, no tubo multicamada, para a sua reutilização. Estes últimos trabalhos assumem, atualmente, grande destaque devido às atuais pressões sobre as indústrias ligadas aos plásticos.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- AENOR. (2004a). *UNE-EN ISO 15875-1:2004, Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría.*
- AENOR. (2004b). *UNE-EN ISO 15875-2:2003, Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría.* In AENOR.
- AENOR. (2004c). *UNE-EN ISO 15875-3:2004, Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría.*
- AENOR. (2010). *UNE-EN ISO 22391-5:2010, Plastics piping systems for hot and cold water installations - Polyethylene of raised temperature resistance (PE-RT).*
- APCER. (2015). *Informação sobre ISO 9001:2015.* 223. Retrieved from https://www.apcergroup.com/portugal/images/site/graphics/guias/APCER_GUIA_ISO9001_2015.pdf
- ASQ. (n.d.). 7 Basic Quality Tools: Quality Management Tools | ASQ. Retrieved July 3, 2019, from <https://asq.org/quality-resources/seven-basic-quality-tools>
- Assunção, A. (2006). Os Materiais Plásticos e o Engenheiro Mecânico. In *Sebenta do ISEP da Disciplina de Materiais não Metálicos.*
- Becker, B. J. E. (2001). *To Promote Safety & Housekeeping.* (August), 29–31.
- Blog do ERP Técnico EngWhere. (n.d.). Diagrama de Ishikawa. Retrieved July 15, 2019, from <https://gestao-obra.engwhere.com.br/planejamento-obra/diagrama-de-ishikawa/>
- CEN. (2017). *UNE-EN 12201-2:2012+A1:2014, Plastics piping systems for water supply, and for drainage and sewerage under pressure - Polyethylene (PE).*
- Duofil. (2015). *Nota Técnica tubagem Filtermo* (pp. 1–21). pp. 1–21.
- DUOFIL. (2012). Quem Somos Quem Somos. Retrieved March 20, 2019, from <http://www.duofil.com/default.aspx>
- Ferreira, M. (2017). *Estudo da influência dos métodos de reticulação sobre as propriedades do polietileno.* Universidade Federal de Ouro Preto.
- Guo, L., & Hariharan, S. (2012). Managing knowledge in times of organisational change and restructuring. *Knowledge and Process Management*, 19(2), 53–68. <https://doi.org/10.1002/kpm>
- Hojer, L., Jansen, N., Oderkerk, J., Venator, T., & Gmbh, B. (n.d.). *Copolymerized Silane PEX Technology A New Innovation for Producing PEX Pipes.*
- Klaumann, B. (2018). Metodologia 5s. | Blog Nxfácil. Retrieved May 8, 2019, from <https://blog.nxfacil.com.br/metodologia-5s/>

- M. Sokovic, D. Pavletic, K. K. P. (2010). Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 43(1), 476–483.
- Magalhães, A., & Castro, J. (2016). *Acetatos da Disciplina de Materiais materiais não metálicos*.
- Moen, R., & Norman, C. (2009). Evolution of the PDCA Cycle. *Society*, 1–11.
- Morshedian, J., & Hosseinpour, P. M. (2014). *Polyethylene Cross-linking by Two-step Silane Method: A Review*. (February 2009).
- Randhawa, J. S., & Ahuja, I. S. (2016). 5S implementation methodologies: literature review and directions. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 20(1), 48. <https://doi.org/10.1504/ijpqm.2017.080692>
- Schuller, K. A., Cronin, C. E., Nicks, S. E., Jing, X., Kingori, C., & Morrone, M. (2019). Development and application of a rubric to compare strategies for improving access to health care in rural communities in the United States. *Evaluation and Program Planning*, 74, 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2019.02.013>
- Silva, A. S., Medeiros, C. F., & Vieira, R. K. (2017). Cleaner Production and PDCA cycle: Practical application for reducing the Cans Loss Index in a beverage company. *Journal of Cleaner Production*, 150, 324–338. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.033>
- Simanová, L., & Gejdoš, P. (2015). The Use of Statistical Quality Control Tools to Quality Improving in the Furniture Business. *Procedia Economics and Finance*, 34(15), 276–283. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(15\)01630-5](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(15)01630-5)
- SPC Consulting Group. (2015). *Diagrama de Ishikawa*. 2–4. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Varzakas, T. (2015). HACCP and ISO22000: Risk Assessment in Conjunction with Other Food Safety Tools Such as FMEA, Ishikawa Diagrams and Pareto. In *Encyclopedia of Food and Health* (1st ed.). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00320-2>
- Veres, C., Marian, L., Moica, S., & Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*, 22, 900–905. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.127>

ANEXOS

6.1 PPO DE EXECUÇÃO DE MISTURAS

6.2 PPO DE CONSUMOS

6.3 ANÁLISE DE PROBLEMAS

6.4 PPO DE ARRANQUE

6 ANEXOS

Aqui são apresentados todos os ficheiros e/ou documentos que de forma direta ou indireta interferem no desenvolvimento deste trabalho.

6.1 PPO DE EXECUÇÃO DE MISTURAS

6.1.1 PPO-048-2_preparação de misturas PE-Xb

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-048/2 Pág. 1/4
PREPARAÇÃO DE MISTURAS PE-Xb		

1. CUIDADOS

- ✓ É da responsabilidade dos operadores de todos os turnos manter o local sempre limpo;
- ✓ Todos os recipientes devem ser lavados e/ou substituídos semanalmente;
- ✓ Caso se verifiquem derrames de matérias-primas líquidas ou sólidas durante a utilização, garantir a limpeza imediata;
- ✓ Todos os sacos e bidões de matéria-prima devem ser fechados, após cada utilização;
- ✓ Durante a utilização do misturador atingem-se temperaturas elevadas, depois de preparadas as misturas e após abertura do misturador, aguardar breves instantes antes de retirar a mistura preparada;
- ✓ Cumprir a sinalética de segurança, este é um local que requer alguns cuidados e EPI's específicos.



2. PROCEDIMENTO

- ✓ Verificar qual a matéria-prima que estamos a utilizar e qual o misturador (ex. Gião ou Pedrógão);



DATA: 31.10.2018	ELABORADO: José Carvalho	APROVADO: Carla Costa / Isis Carmo
---------------------	-----------------------------	---------------------------------------

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-048/2 Pág. 2/4
PREPARAÇÃO DE MISTURAS PE-Xb		

- ✓ Verificar na tabela (fig. a cima) as quantidades de cada componente com a máxima atenção e pesar essas mesmas quantidades. A balança deve ser tarada para não contar com o peso do recipiente;



Botão utilizado para tarar a balança



- ✓ Deve-se ter em atenção a rotulagem das embalagens que possuem as matérias-primas;



Etiqueta que indica o conteúdo, neste caso Pigmento Azul (PE-Xb)

- ✓ Todos os componentes afetos à mistura devem manter-se nesta zona, de forma a evitar trocas de referências (ex.: pigmento).

DUOFIL, Lda.		GAMA DE F	
Código	1030SM015015V	Completo	
Designação	16X1,5 SOMATHERM PEX-b CAST		
Peso Mq/Mx:			
Dímetro nominal			
Espessura mínima			
Rotura			
Nº op	Car tb	Designação	Início
10	LT03	LT03	210104
11	LT29	LT29	210104

Pigmento pretendido, castanho

DATA: 31.10.2018	ELABORADO: José Carvalho	APROVADO: Carla Costa / Isis Carmo
---------------------	-----------------------------	---------------------------------------

DUOFIL	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-048/2 Pág. 3/4
PREPARAÇÃO DE MISTURAS PE-Xb		

- ✓ Depois de pesar a quantidade de cada componente (à exceção do PE e do silano que são depositados diretamente no misturador), deve-se depositar o conjunto neste pequeno recipiente (figura a baixo);



- ✓ Colocar polietileno e o silano líquido no misturador;



Misturador de Pedrógão



Misturador de Gião

De seguida, juntar a mistura previamente preparada ao material no misturador;

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-048/2 Pág. 4/4
PREPARAÇÃO DE MISTURAS PE-Xb		

- ✓ Caso se utilize o misturador de Pedrógão, a mistura deve primeiro ir para o desumidificador (80°C) e só depois para o misturador;
- ✓ Caso seja utilizado o misturador de Gião, a mistura deve ser logo colocada dentro do misturador e aguardar até atingir a temperatura de 65°C.
- ✓ Não exceder as temperaturas definidas para os dois misturadores;
- ✓ Sempre que houver mudança de cor entre azul e castanho, o misturador deve ser bem limpo, com o auxílio de uma vassoura;
- ✓ Sempre que houver mudança de cor para branco ou natural, o misturador deve ser bem limpo, retirando previamente as hélices para que fique garantida a 100% a limpeza (a limpeza na mudança de cor para branco ou natural é um fator crucial e de extrema importância);
- ✓ Não utilizar objetos metálicos durante a limpeza do misturador;

Em caso de dúvida não hesite em questionar o chefe de equipa.

6.1.2 PPO 050-1_preparação de misturas PE-Xa

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-050/1 Pág. 1/4
PREPARAÇÃO DE MISTURAS PE-Xa		

1. CUIDADOS

- ✓ É da responsabilidade dos operadores de todos os turnos manter o local sempre limpo;
- ✓ Todos os recipientes devem ser lavados e/ou substituídos semanalmente;
- ✓ Caso se verifiquem derrames de matérias-primas líquidas ou sólidas durante a utilização, garantir a limpeza imediata;
- ✓ Todos os sacos e bidões de matéria-prima devem ser fechados, após cada utilização;
- ✓ Cumprir a sinalética de segurança, este é um local que requer alguns cuidados e EPI's específicos.

**2. PROCEDIMENTO**

- ✓ Verificar qual a matéria-prima que estamos a utilizar, qual a linha (13 ou ENGEL);



DATA: 27.02.2019	ELABORADO: José Carvalho	APROVADO: Carla Costa
---------------------	-----------------------------	--------------------------

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-050/1 Pág. 2/4
PREPARAÇÃO DE MISTURAS PE-Xa		

- ✓ Verificar na tabela (fig. a cima) as quantidades de cada componente com a máxima atenção e pesar essas mesmas quantidades. A balança deve ser tarada para não contar com o peso do recipiente;



Botão utilizado para tarar a balança



- ✓ Deve-se ter em atenção a rotulagem das embalagens que possuem as matérias-primas;



Etiqueta que indica o conteúdo, neste caso pigmento preto (PE-Xa)

- ✓ Todos os componentes afetos à mistura devem manter-se nesta zona, de forma a evitar trocas de referências (ex.: pigmento).

SocPH, Lda.			
Código	1000PFD100200		
Designação	16RQ,0 FILPEX-a		
Nome Mat. Mat.			
Diluição nominal			
Classificação externa			
Estados			
Rep.	Cód. Int.	Descrição	
02	L713	Linha de extrusão 13	
03	PT02	Ponto amarramento	
Lista de matérias			
Mat.	Rep.	Nr. componente	
13	02	2014000100	

Pigmento pretendido, neste caso nenhum, ou seja, tubo natural

DATA: 27.02.2019	ELABORADO: José Carvalho	APROVADO: Carla Costa
---------------------	-----------------------------	--------------------------

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-050/1 Pág. 3/4
PREPARAÇÃO DE MISTURAS PE-Xa		

- ✓ Depois de pesar a quantidade de cada componente (à exceção do PE e do peróxido que são depositado diretamente no misturador), deve-se depositar o conjunto neste pequeno recipiente (figura a baixo);



- ✓ Colocar polietileno e o peróxido no misturador;



Misturador LT 13



Misturador Engel

- ✓ De seguida, juntar a mistura previamente preparada ao material no misturador e ligar o misturador;
- ✓ Quando a mistura estiver pronta o misturador dispara emitindo um sinal sonoro.

DATA: 27.02.2019	ELABORADO: José Carvalho	APROVADO: Carla Costa
---------------------	-----------------------------	--------------------------

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-050/1 Pág. 4/4
PREPARAÇÃO DE MISTURAS PE-Xa		

- ✓ Sempre que houver mudança de cor entre natural e preto, o misturador deve ser bem limpo, com o auxílio de uma vassoura e/ou aspirador;
- ✓ Depois de se ter aspirado deve-se limpar o misturador com acetona para garantir a sua limpeza eficaz;
- ✓ Não utilizar objetos metálicos durante a limpeza do misturador;

Em caso de dúvida não hesite em questionar o chefe de equipa.

6.2 PPO de consumos

6.2.1 PPO-043-1

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-034/2 Pág. 1/2
CONTROLO CONSUMO MATÉRIAS PRIMAS LT14 / LT30 / LT31		

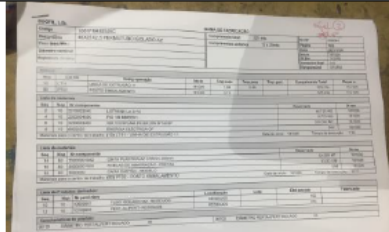
1. OBJETIVO

Estabelecer um procedimento orientador para consumo de matérias primas.

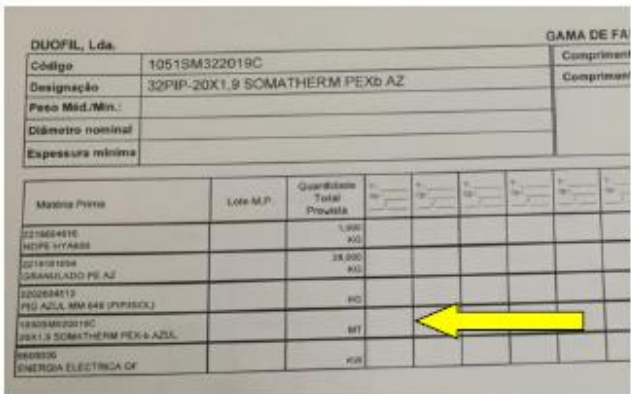
2. ÂMBITO

Este procedimento abrange as linhas de extrusão de tubo corrugado.

3. PROCEDIMENTO

1. Confirmar que a tremonha se encontra cheia (deixada pelo turno anterior)	
2. Rececionar e analisar a ordem de fabrico;	

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-034/2 Pág. 3/2
CONTROLO CONSUMO MATÉRIAS PRIMAS LT14 / LT30 / LT31		

<p>7. Para o consumo do tubo interior deve-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pesar a sucata produzida desse mesmo tubo e registar na OF; - calcular: <p>quantidade de sucata x peso médio = metros tubo em sucata</p> <p>Por fim, soma-se esse valor ao número de metros produzidos durante o turno.</p> <p>metros tubo em sucata + metros produzidos = consumo tubo interior</p>	
--	--

4. RESPONSABILIDADES

A responsabilidade pelo cumprimento deste procedimento é do(s) operador(s) da linha. DI/Fabr deve assegurar-se que o mesmo é cumprido.

6.2.2 PPO-049-1

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-049/1 Pág. 1/2
CONTROLO CONSUMO MATÉRIAS-PRIMAS LT11		


1. OBJETIVO

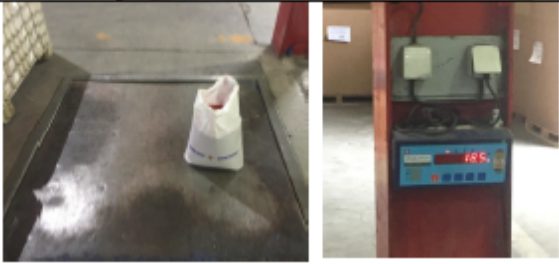
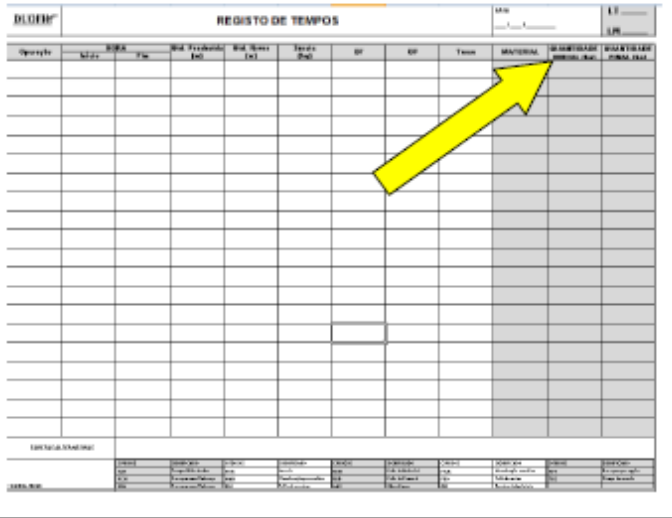
Estabelecer um procedimento orientador para consumo de matérias primas.

2. ÂMBITO

Este procedimento abrange as linhas de tubo isolado.

3. PROCEDIMENTO

<p>1. Confirmar que a tremonha se encontra cheia (deixada pelo turno anterior)</p>	
<p>2. Rececionar e analisar a ordem de fabrico;</p>	

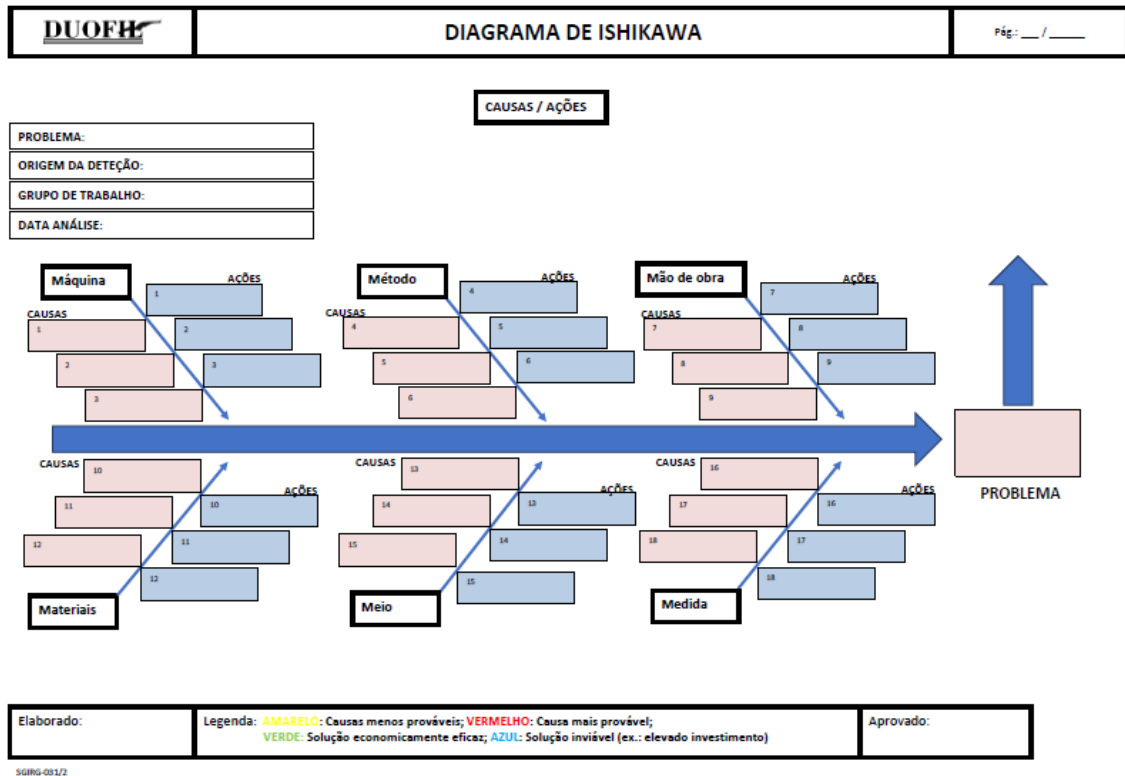
<p>3. Contabilizar a quantidade inicial de <u>todos</u> os materiais (no início do turno, pesar os materiais e contar os sacos que estão por abrir)</p>	
<p>4. Registrar os valores iniciais no impresso;</p>	
<p>5. Para contabilizar no final do turno o que foi consumido, começar por encher a tremonha;</p>	

<p>DATA: 28.02.2019</p>	<p>ELABORADO: José Carvalho</p>	<p>APROVADO: Carla Costa</p>
-----------------------------	-------------------------------------	----------------------------------

6.3 Análise de problemas

6.3.1 SGIRG-031-2_análise de problemas

6.3.1.1 SGIRG-031-2_análise de problemas (1ª folha)



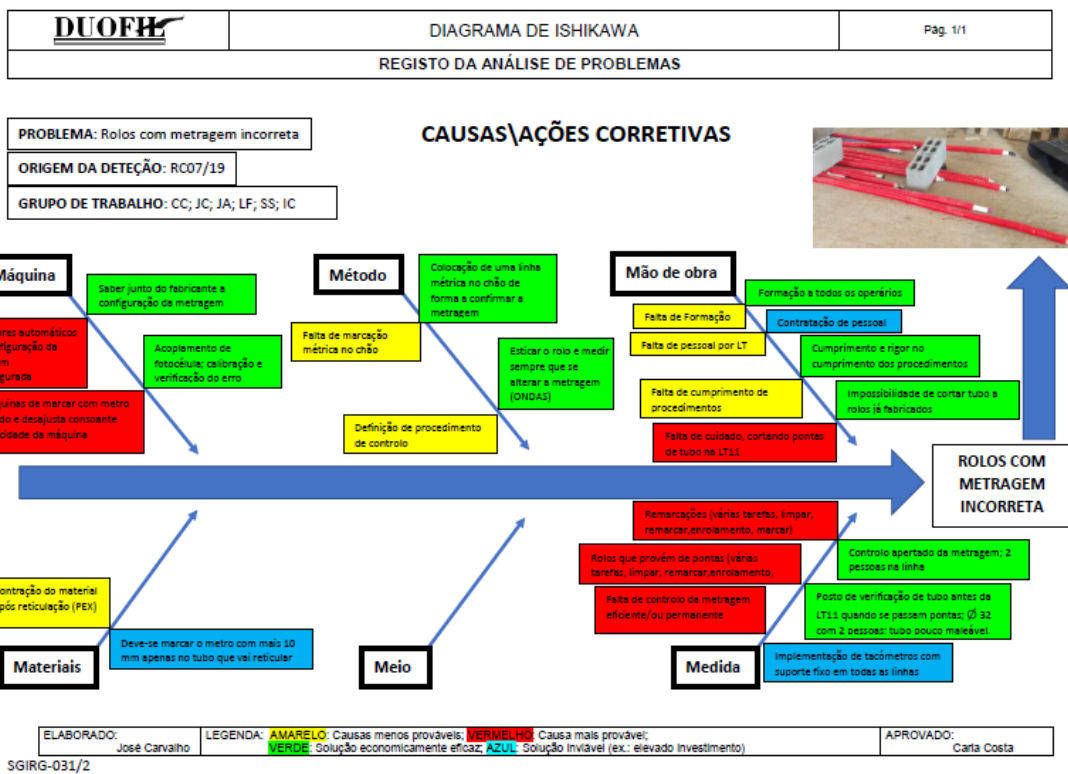
6.3.1.2 SGIRG-031-2_análise de problemas (2ª folha)

ACÇÃO	PRAZO	RESPONSÁVEL	OBSERVAÇÕES
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			

6.3.1.3 SGIRG-031-2_análise de problemas (3ª folha)

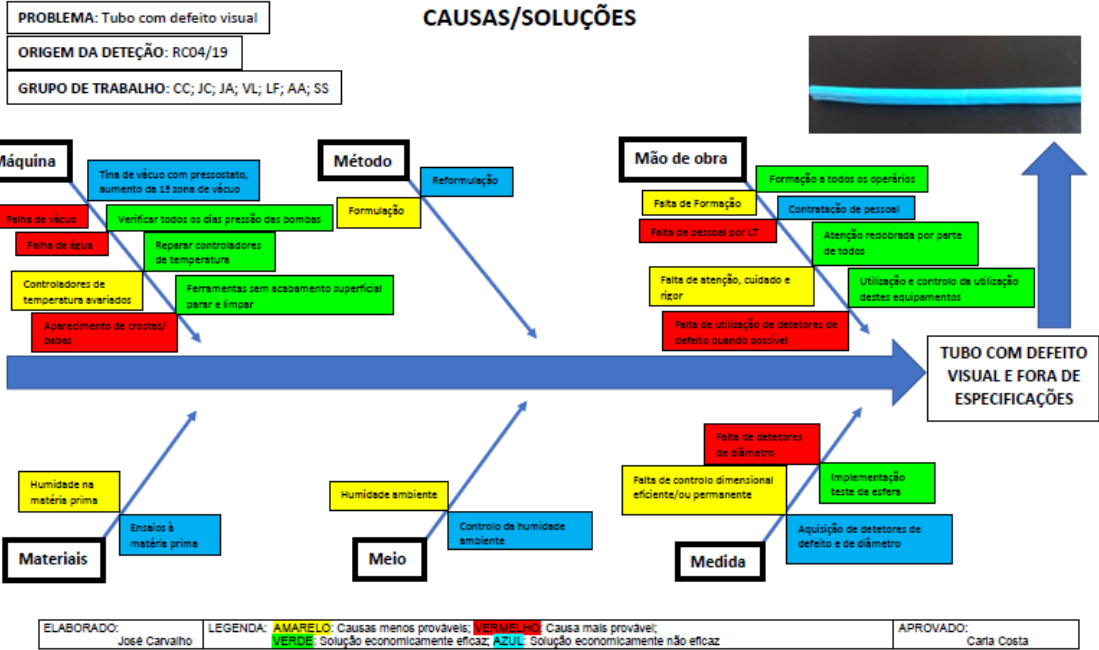
AÇÃO	PRAZO	RESPONSÁVEL	OBSERVAÇÕES
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			

6.3.2 RC07/19



6.3.3 RC04/19

DUOFH	DIAGRAMA DE ISHIKAWA	Pág. 1/1
REGISTO DA ANÁLISE DE PROBLEMAS		



SGIRG-031/2

6.4 PPO de arranque

6.4.1 PPO-034-2_arranque LT14

DUOFLEX	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-034/2 Pág. 1/12
PREPARAÇÃO E ARRANQUE – LT14		

1. OBJETIVO

Estabelecer um procedimento orientador para arranque de linha de fabricação de tubos.

2. ÂMBITO

Este procedimento abrange o funcionamento da linha LT14.

3. PREPARAÇÃO PARA ARRANQUE

É necessário garantir estes pontos para um arranque eficaz e eficiente.

<p>1. Ferramentas (Fieira, bico, guias, roletes, mala de ferramentas, maxilas, acessórios da cabeça, puxos e tina)</p>	
<p>2. Matéria Prima (Pigmento requerido, Polietileno ou polipropileno ou granulado)</p>	
<p>3. Enrolador(es) (Ajustar a distância entre as lagartas dos puxos e nos enroladores verificar se as dimensões de enrolamento são as pretendidas).</p>	
<p>4. Programação do enrolador (F1-Introduzir o diâmetro do tubo a enrolar; F2 – Controlador de bobines.)</p>	





DATA: 24.05.2019	ELABORADO: José Carvalho / Sérgio Silva / Volodymyr Lav / Luis Fernandes / Miguel Ribeiro / Artúrio Azevedo	APROVADO: Carla Costa / Joaquim Azevedo
---------------------	--	--

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-034/2 Pág. 2/12
PREPARAÇÃO E ARRANQUE - LT14		





4. PROCEDIMENTO

<p>1. Rececionar e analisar a ordem de fabrico;</p>	
<p>2. Ligar o botão geral e em seguida acionar o botão azul que ativa os comandos do quadro de controlo;</p>	
<p>3. Acionar o botão RESTABELECER em todos os equipamentos. Nos enroladores é necessário ativar o botão START;</p>	




DATA: 24.05.2019	ELABORADO: José Carvalho / Sérgio Silva / Volodymyr Lav / Luis Fernandes / Miguel Ribeiro / António Azevedo	APROVADO: Carla Costa / Joaquim Azevedo
---------------------	--	--

DUOFH		SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-034/2 Pag. 3/12
PREPARAÇÃO E ARRANQUE - LT14			
4. Ligar o chiller (Botão Geral) e verificar se tem selecionada a temperatura apropriada;	Para mudar a temperatura: a) Carregar tecla ENTER; b) Carregar + ou - para ajustar a temperatura e voltar a carregar na tecla ENTER; c) Acionar o botão ON/OFF.		
5. Rodar o botão que liga os controladores das diferentes zonas de temperatura e inserir as temperaturas pretendidas em cada uma das diferentes zonas (consultar PFO);			
6. Mudar todos os acessórios consoante o diâmetro a produzir;			
7. Mudar as maxilas no corrugador (os complementares são colocados um em cada um dos lados), ter em atenção que os dentes ficam voltados para cima; NOTA: Soprar as maxilas com ar comprimido.			
8. Colocar lubrificante periodicamente onde assentam os roletes;			




DATA: 24.05.2019	ELABORADO: José Carvalho / Sérgio Sáiz / Volodymyr Lav / Luis Fernandes / Miguel Ribeiro / António Azevedo	APROVADO: Carla Costa / Joaquim Azevedo
---------------------	---	--

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-034/2 Pág. 4/12
PREPARAÇÃO E ARRANQUE – LT14		
<p>9. Limpar a cabeça com o auxílio de um esfregão e uma espátula;</p> <p>NOTA: Quando esta sofrer algum tratamento superficial (ex. cromagem) não se deve utilizar objetos metálicos na sua limpeza</p>		
<p>10. Limpar os parafusos (rosca) com a ajuda de um esfregão;</p>		
<p>11. Depois de retirados os parafusos e devidamente limpos, desligar a resistência;</p>		
<p>12. Limpar o equipamento;</p>		





DATA: 24.05.2019	ELABORADO: Joak Carneiro / Sérgio Silva / Volodymyr Lav / Luis Fernandes / Miguel Ribeiro / António Azevedo	APROVADO: Carla Costa / Joaquim Azevedo
---------------------	--	--

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-034/2 Pag. 5/12
PREPARAÇÃO E ARRANQUE - LT14		
<p>13. Desapertar o bico e proceder à sua limpeza;</p>		
<p>14. Em último recurso, colocar no forno a flange durante 10 a 15min para uma limpeza mais fácil (apenas se for muito difícil a limpeza).</p>		
<p>15. Colocar massa cobre no roscado dos parafusos interiores da cabeça;</p>		




DATA: 24.05.2019	ELABORADO: José Carneiro / Sérgio Silva / Volodymyr Lev / Luis Fernandes / Miguel Ribeiro / António Azevedo	APROVADO: Carla Costa / Joaquim Azevedo
---------------------	--	--

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-034/2 Pag. 6/12
PREPARAÇÃO E ARRANQUE - LT14		
<p>16. Montar o bico sendo que este necessita ser bem apertado;</p>		
<p>17. Montar a Feira;</p>		
<p>18. Acoplar a flange sendo que esta deve ser muito bem apertada;</p>		




<p>DATA: 24.05.2019</p>	<p>ELABORADO: José Carvalho / Sérgio Silva / Volodymyr Lav / Luis Fernandes / Miguel Ribeiro / António Azevedo</p>	<p>APROVADO: Crista Costa / Joaquim Azevedo</p>
-----------------------------	--	---

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-034/2 Pag. 7/12
PREPARAÇÃO E ARRANQUE - LT14		
19. Ligar novamente a resistência;		
20. Depois de atingidas as temperaturas selecionadas (ponto 5), ligar a extrusora e iniciar a rotação do fuso. Com o botão 37 aumenta-se ou diminui-se a velocidade.		
21. Rodar o botão 27 para acionar os restantes comandos;		
22. O corrugador deve estar em movimento com a velocidade pretendida;		


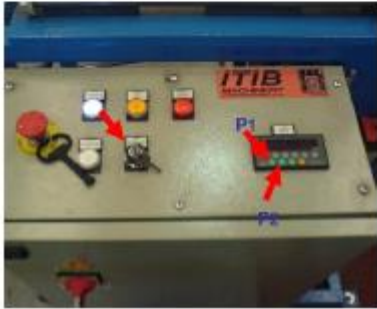
DATA: 24.09.2019	ELABORADO: José Carvalho / Sérgio Silva / Volodymyr Lav / Luis Fernandes / Miguel Ribeiro / António Azevedo	APROVADO: Carla Costa / Joaquim Azevedo
---------------------	--	--

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO PREPARAÇÃO E ARRANQUE - LT14	PPO-034/2 Pág. 8/12
<p>23. Com uma velocidade de rotação do fuso não muito elevada centrar a feira através do uso dos 4 parafusos respetivos;</p>		
<p>24. Aumentar a velocidade do fuso para um valor próximo do que se pretende trabalhar e verificar se o fluxo continua centrado;</p>		
<p>25. Desligar a extrusora e retirar o material que ainda sai da feira. Quando o fluxo de material à saída for reduzido, arrastar o corrugador para a posição de funcionamento;</p>		
<p>26. Rapidamente, ligar a extrusora e a máquina assume as condições usadas antes de a desligar. Imediatamente a seguir, acionar a bomba de água para iniciar o arrefecimento da zona 1;</p>		



DATA: 24.05.2019	ELABORADO: José Carvalho / Sérgio Silva / Volodymyr Lav / Luis Fernandes / Miguel Ribeiro / António Azevedo	APROVADO: Carla Costa / Joaquim Azevedo
---------------------	--	--

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-034/2 Pág. 012
PREPARAÇÃO E ARRANQUE - LT14		
<p>27. Quando a extrusora atingir uma velocidade próxima da pretendida, ligar a bomba de vácuo.</p>		
<p>28. Confirmar o peso do tubo;</p>		
<p>29. Puxar o tubo ao longo da tina de arrefecimento, puxo e guilhotina. No puxo, mal o tubo esteja entre as lagartas, estas devem ser fechadas acionando o botão respetivo; (verificar que o tubo fica alinhado com a saída).</p>		




DATA: 24.05.2019	ELABORADO: José Carvalho / Sérgio Silva / Volodymyr Lev / Lúcia Fernandes / Miguel Ribeiro / António Azevedo	APROVADO: Carla Costa / Joaquim Azevedo
---------------------	---	--

DUOFH		SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-034/2 Pág. 10/12
PREPARAÇÃO E ARRANQUE - LT14			
<p>30. Acionar os botões para iniciar a circulação de água e de ar na tina de arrefecimento;</p>			
<p>31. Depois de passar pela guilhotina, verificar o comprimento dos rolos que está programado;</p>			
<p>32. Nesta fase, começa-se a introduzir o tubo interior. Puxa-se manualmente o tubo da(s) bobine(s) através do endireitador e do primeiro puxo até à entrada da cabeça de extrusão, só depois é que se fecham as lagartas para que o tubo avance ao longo da linha.</p>	<p>P1 – Valor em metros que queremos que a guilhotina sinalize; P2 – Medida em metros que pretendemos por rolo. NOTA: Deixar a guilhotina em modo manual (chave voltada para o lado esquerdo).</p>		

DATA: 24.05.2019	ELABORADO: José Carvalho / Sérgio Silva / Volodymyr Lev / Luis Fernandes / Miguel Ribeiro / António Azevedo	APROVADO: Carla Costa / Joaquim Azevedo
---------------------	--	--

DUOFLEX	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-034/2 Pág. 11/12
PREPARAÇÃO E ARRANQUE - LT14		
<p>33. Logo que o tubo interior chegue à guilhotina, deve-se carregar no BOTÃO LARANJA para cortar os tubos e passar imediatamente para o modo automático (rodar a chave para a direita).</p>		
<p>34. Fazer passar o tubo pelas roldanas do enrolador e com o BOTÃO VERDE selecionar o bobinador que se pretende usar.</p>		




DATA: 24.05.2019	ELABORADO: José Carvalho / Sérgio Silva / Volodymyr Lev / Luis Fernandes / Miguel Ribeiro / António Azevedo	APROVADO: Carla Costa / Joaquim Azevedo
---------------------	--	--

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-034/2 Pág. 12/12
PREPARAÇÃO E ARRANQUE - LT14		
<p>35. Quando iniciar o enrolamento, fazer a afinação da força/velocidade que se usa.</p>		
<p>36. Quando a ponta do tubo passa pelo sensor, este aciona o sistema de prisão que prende a ponta do tubo.</p>		
<p>37. A ponta do tubo é libertada se for acionado o respetivo BOTÃO AMARELO. Depois de cortado, os braços do enrolador são abertos no BOTÃO PRETO inferior.</p>		
<p>38. Iniciar a Produção</p>		

DATA: 24.05.2019	ELABORADO: José Carvalho / Sérgio Silva / Volodymyr Lev / Luis Fernandes / Miguel Ribeiro / António Azevedo	APROVADO: Carla Costa / Joaquim Azevedo
---------------------	--	--

DUOFH	Serviço de Produção	PPO-034/2 Pág. 13/12
PREPARAÇÃO E ARRANQUE – LT14		

5. RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

PROBLEMA	CAUSAS	RESOLUÇÃO	ILUSTRAÇÃO
Peso inferior ao mínimo	a) Variações nos puxos; b) Utilização de granulados/triturados; c) Bomba de vácuo com problemas; d) Maxilas partidas	Aumentar rotação da extrusora	
Peso superior ao máximo	a) Variações nos puxos; b) Utilização de granulados/triturados; c) Bomba de vácuo com problemas; d) Maxilas partidas	Reduzir rotação da extrusora	
Manga com defeito visual	a) Velocidade excessiva; b) Maxilas com problemas; c) Diâmetro do tubo interior perto do máximo; d) Variações nos puxos; e) Utilização de granulados/triturados Bomba de vácuo com problemas;	a) Destapar maxilas; b) Verificar se o PEX se encontra ovalizado; c) Verificar estado do bloco; d) Verificar estado das maxilas	
Manga Furada	Tubo interior ovalizado e/ou molhado	Colocar/ verificar o estado do soprador de ar	
Manga colada	Tubo interior molhado	Colocar/ verificar o estado do soprador de ar	

6. RESPONSABILIDADES

A responsabilidade pelo cumprimento deste procedimento é do(s) operador(s) da linha. DIFabr deve assegurar-se que o mesmo é cumprido.

DATA: 24.05.2019	ELABORADO: José Carvalho / Sérgio Silva / Volodymyr Lev / Luis Fernandes / Miguel Ribeiro / António Azevedo	APROVADO: Carla Costa / Joaquim Azevedo
---------------------	--	--

6.4.2 PPO-046-1_arranque LT29

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-046/1 Pág. 1/8
PREPARAÇÃO E ARRANQUE – LT29		

1. OBJETIVO

Estabelecer um procedimento orientador para arranque de linha de fabricação de tubos.

2. ÂMBITO


Este procedimento abrange o funcionamento da linha LT29 e semelhantes.

3. PREPARAÇÃO PARA ARRANQUE

É necessário garantir estes pontos para um arranque eficaz e eficiente.

<p>1. Ferramentas (Fieira, bico, acessórios de guiamento consoante o diâmetro pretendido, calibrador, mala de ferramentas, chapas interiores de redução de diâmetro, acessórios da cabeça, puxos, tinas, calibrador e lápis para fazer marcação no tubo)</p>	
<p>2. Matéria Prima (PE, silano líquido, antioxidantes, ajudante de processo e pigmento, se aplicável);</p>	
<p>3. Equipamentos (Verificar/confirmar se os equipamentos estão operacionais, circuito de arrefecimento (água e ar), confirmar que nada está entupido, filtros limpos, bico e fieira limpos e/ou teflonizados prontos a utilizar);</p>	

DATA: 31.05.2019	ELABORADO: José Carvalho / Sérgio Silva / Volodymyr Lev / Luis Fernandes / Miguel Ribeiro / António Azevedo	APROVADO: Carla Costa / Joaquim Azevedo
---------------------	--	--

	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-046/1 Pág. 2/8
PREPARAÇÃO E ARRANQUE - LT29		

4. Enrolador(es)

(Ajustar a distância entre as lagartas dos puxos e nos enroladores verificar se as dimensões de enrolamento são as pretendidas (largura e diâmetro interior);







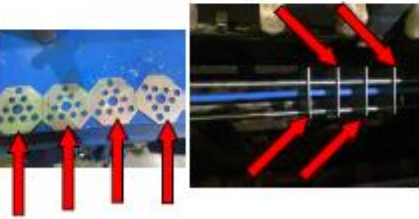
DATA: 31.05.2019	ELABORADO: José Carvalho / Sérgio Silva / Volodymyr Lev / Luis Fernandes / Miguel Ribeiro / António Azevedo	APROVADO: Carla Costa / Joaquim Azevedo
---------------------	--	--

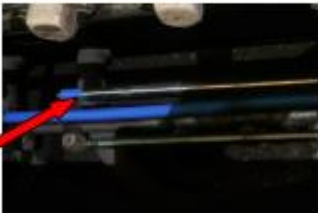



DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-046/1 Pág. 3/8
PREPARAÇÃO E ARRANQUE – LT29		

4. PROCEDIMENTO

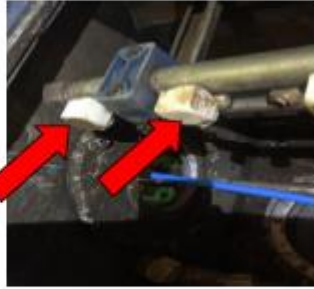



<p>1. Receção e análise da Ordem de Fabrico;</p>	
<p>2. Montar o bico e a feira que se irá utilizar tendo em atenção as suas dimensões;</p>	
<p>3. Verificar o aperto de todos parafusos acoplados à cabeça, bem como os da feira;</p>	

DATA: 31.05.2018	ELABORADO: José Carvalho / Sérgio Silva / Volodymyr Lev / Luis Fernandes / Miguel Ribeiro / António Azevedo	APROVADO: Carla Costa / Joaquim Azevedo
---------------------	--	--





	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-046/1 Pág. 4/8
PREPARAÇÃO E ARRANQUE - LT29		
<p>4. Verificar o calibrador, tendo em conta o diâmetro desejado;</p>		
<p>5. Verificar se o acoplamento do calibrador possui a borracha de vedação;</p>		
<p>6. Colocar fita adesiva em torno do calibrador de forma a "prender" o tubo que irá deitar um pequeno caudal de água, para que arrefeça o produto à entrada da 1ª tina de vácuo;</p>		
<p>7. Trocar chapas interiores de redução de diâmetro de acordo com o produto a ser produzido (estas devem ser montadas do maior diâmetro para o menor, ou seja, da direita para a esquerda por ordem decrescente);</p>		
<p>DATA: 31.05.2019</p>	<p>ELABORADO: José Carvalho / Sérgio Silva / Volodymyr Lev / Luis Fernandes / Miguel Ribeiro / António Azevedo</p>	<p>APROVADO: Carla Costa / Joaquim Azevedo</p>

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-046/1 Pág. 5/8
PREPARAÇÃO E ARRANQUE – LT29		
<p>8. Dar aperto com a ajuda de pontas de tubo (1ª tina de vácuo);</p>		
<p>9. Verificar todos os acessórios por onde o tubo passa, de forma a trocá-los para o diâmetro necessário à passagem do tubo;</p>		
<p>10. Limpar o filtro existente na 1ª tina de vácuo com o auxílio de ar comprimido;</p>		
<p>11. Verificar se o tubo se encontra corretamente posicionado ao longo da linha;</p>		


DATA: 31.05.2019	ELABORADO: José Carvalho / Sérgio Silva / Volodymyr Lev / Luis Fernandes / Miguel Ribeiro / António Azevedo	APROVADO: Carla Costa / Joaquim Azevedo
---------------------	--	--

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-046/1 Pág. 6/8
PREPARAÇÃO E ARRANQUE – LT29		
<p>12. Com a ajuda de um tubo ligado à rede de ar comprimido, limpar os chuveiros das tinas;</p>		
<p>13. Alterar mensagem a imprimir no painel de controlo segundo a ficha técnica do produto (Consultar Ficha técnica aplicável e PPO da máquina de escrever)</p>		
<p>14. Ligar o circuito de água referente a cada tina;</p>	 <p>Botão que faz movimentar a tina na horizontal</p>	
<p>15. Escalonar a ponta de tubo como na figura ao lado</p>		





DATA: 31.05.2019	ELABORADO: José Carvalho / Sérgio Silva / Volodymyr Lev / Luis Fernandes / Miguel Ribeiro / António Azevedo	APROVADO: Carla Costa / Joaquim Azevedo
---------------------	--	--

DUOFH	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-046/1 Pág. 7/8
PREPARAÇÃO E ARRANQUE – LT29		
16. Ligar a extrusora com velocidade de rotação relativamente baixa (próxima de 7 rpm) até o material começar a sair pelo bico		
17. Quando o material começar a sair pelo bico devemos centrar a cabeça (apertando os parafusos) de forma a que o fluxo saia em linha reta e não inclinado para os lados;		
18. Deve-se aumentar a velocidade de extrusão para a velocidade standard (consultar PFO);		
19. Ajustar a altura do puxo de forma a não ovalizar o tubo;		
20. Confirmar marcação;		
21. Confirmar metragem;		
22. Confirmar dimensões do tubo;		
23. Iniciar a produção		

DATA: 31.05.2019	ELABORADO: José Carvalho / Sérgio Silva / Volodymyr Lev / Luis Fernandes / Miguel Ribeiro / António Azevedo	APROVADO: Carla Costa / Joaquim Azevedo
---------------------	--	--

	SERVIÇO DE PRODUÇÃO	PPO-046/1 Pág. 8/8
PREPARAÇÃO E ARRANQUE – LT29		

5. RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

PROBLEMA	CAUSAS	RESOLUÇÃO	ILUSTRAÇÃO
Diâmetro inferior ao mínimo	Falta de controlo/ alteração do vácuo	Diminuir ao vácuo	
Diâmetro superior ao máximo	Falta de controlo/ alteração do vácuo	Aumentar ao vácuo	
Espessura completamente des centrada	a) Água no calibrador fora do sítio; b) Lixo no calibrador; c) Cabeça mal centrada (Parafusos que centram a cabeça)	a) Colocar o caudal de água inicial no sítio certo; b) Limpeza do calibrador; c) Centrar melhor a cabeça com a ajuda dos parafusos.	
Espessura inferior à mínima	Falta de controlo/ alteração do débito da extrusora	Aumentar o débito de material na extrusora	
Espessura superior à máxima	Falta de controlo/ alteração do débito da extrusora	Diminuir o débito de material na extrusora	
Crostas	a) Acumulação de material no fuso que depois é libertado (inerente ao processo de monosilo); b) Descontrolo de temperaturas;	Parar e Limpar	
Babas	Desgaste abrasivo acentuado/ ferramentas sem acabamento superficial.	Limpeza, posterior aviso e se possível tratamento superficial das ferramentas	

6. RESPONSABILIDADES

A responsabilidade pelo cumprimento deste procedimento é do(s) Operador(es) da linha. DI/Fabr deve assegurar-se que o mesmo é cumprido.

DATA: 31.05.2019	ELABORADO: José Carvalho / Sérgio Silva / Volodymyr Lev / Luis Fernandes / Miguel Ribeiro / António Azevedo	APROVADO: Carla Costa / Joaquim Azevedo
---------------------	--	--