



PROJETO-PILOTO DE UM GASEIFICADOR DE PEQUENA ESCALA PARA RESÍDUOS SÓLIDOS

TIAGO MANUEL BRANCO PEDROSA

abril de 2017

PROJETO-PILOTO DE UM GASEIFICADOR DE PEQUENA ESCALA PARA RESÍDUOS SÓLIDOS

Tiago Manuel Branco Pedrosa

2017

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



PROJETO-PILOTO DE UM GASEIFICADOR DE PEQUENA ESCALA PARA RESÍDUOS SÓLIDOS

Tiago Manuel Branco Pedrosa

1081706

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva e coorientação do Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

2017

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

JÚRI

Presidente

Doutor Rui Pedro Cardoso da Silva Martinho
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Francisco José Gomes Da Silva
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Coorientador

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutor António Manuel de Bastos Pereira
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer ao meu Orientador Doutor Francisco Silva, e ao meu Coorientador Doutor Raul Campilho, pela disponibilidade demonstrada e acompanhamento da realização deste trabalho em toda a sua íntegra, pelos seus conhecimentos e sabedoria que me motivaram a dar o meu melhor. O meu Obrigado por todo o empenho na resolução dos problemas que foram surgindo na elaboração desta dissertação, e por todo o esforço no sentido de que esta pudesse ser concretizada da melhor forma.

Quero também agradecer aos meus colegas da ENC Energy, em especial à Doutora Ana Matos e Engenheiro João Garcia por toda a inspiração, desde a escolha do tema até aos valiosíssimos *inputs* que tornaram possível a realização deste trabalho. São certamente para mim um exemplo de profissionalismo que eu terei sempre como referência.

Aos Amigos fantásticos que tenho a sorte de ter, pelo apoio incondicional e por não permitirem que me desvie do caminho certo, têm sido certamente como família.

Finalmente, quero expressar o meu profundo agradecimento aos meus pais e irmãos, por todo o apoio e por acreditarem sempre em mim. Não só relativamente à minha formação académica, mas por tudo o que conquistei na minha vida até ao dia de hoje, em grande parte devo-o a vocês.

PALAVRAS-CHAVE

Gaseificação, Resíduos Sólidos Urbanos, Ambiente, *Syngas*, Valorização Energética de Resíduos, Gestão de Resíduos, Poluição, Aterro Sanitário, Ciclo Combinado de Rankine, Produção de Energia Elétrica.

RESUMO

O presente trabalho perspetiva uma solução para a sobrelotação dos aterros sanitários em Portugal. A alternativa para a deposição em aterro passa por motivar a implementação de um método, já existente, mas muito pouco utilizado, a Gaseificação dos resíduos.

Este processo reduz significativamente a deposição em aterro, e pode ainda ser orientado para a valorização energética dos resíduos, viabilizado uma oportunidade de negócio. O produto obtido neste processo, *syngas*, pode ser utilizado para inúmeras aplicações, sendo orientado neste trabalho para a produção de energia através da sua queima. A queima de *syngas* é considerada uma queima praticamente limpa, pois as emissões resultantes são consideravelmente baixas.

Para cimentar esta ideia, realizou-se o projeto de um gaseificador de pequena escala, passando pela seleção dos materiais constituintes, desenho, dimensionamento e análise orçamental, com todos os requisitos e considerações necessários para viabilizar a sua futura construção e aplicação, orientando a ideia para uma aplicação de cogeração de energia integrada num ciclo combinado de Rankine.

Considerando que este é um projeto-piloto, a ideia futura passará por construir o protótipo e testar o processo para eventual afinação e melhoramento do projeto, tendo em conta o mínimo de custos possível, podendo-se numa segunda fase aumentar a escala do projeto, e do seu investimento, para possibilitar a viabilidade a uma escala industrial.

No final do trabalho pode-se considerar viável a construção do protótipo para continuar o estudo inicial, ultrapassando todas as dificuldades encontradas, principalmente a elevada temperatura de serviço e o ambiente de operação corrosivo.

KEYWORDS

Gaseification, Municipal Solid Waste, Environment, Syngas, Waste to Energy, Waste Management, Pollution, Landfill, Rankine Combined Cycle, Power Production.

ABSTRACT

This work presents an alternative for the over waste deposition in landfills in Portugal. The alternative to landfill's deposition is to motivate the implementation of an existing, but not very used, method of waste gasification.

This process significantly reduces landfill's deposition, and can also be managed towards a waste to energy philosophy, enabling a business opportunity. The product obtained in this process, syngas, can be used for numerous applications, being oriented in this work for the energy production through its burning. The firing of syngas is, a practically clean burning, because the resulting emissions are considerably low.

To cement this idea, the project of a small-scale gasifier was carried out, through the selection of constituent materials, design, concept and budget analysis, with all the requisites and considerations necessary to enable its future construction and application, guiding the idea to an integrated energy cogeneration application in a Rankine combined cycle.

Considering that this is a pilot project, the future idea will be to construct the prototype and test the process for possible improvement of the project, considering the minimum possible costs, being able in a second phase to increase the scale of the project, and the Investment, to enable viability on an industrial-scale.

At the end of the work, the manufacturing of the prototype can be considered feasible to continue the initial study, considering all the difficulties encountered, mainly a high service temperature and a corrosive operating environment.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

3D	Tridimensional
AISI	<i>American Iron and Steel Institute</i>
CDR	Combustível Derivado de Resíduos
CVEB	Central de Valorização Energética de Biogás
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung (German Institute for Standardization)</i>
DN	Diâmetro Nominal
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
PCI	Poder Calorífico Inferior
PERSU	Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos
PN	Pressão Nominal
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities & Threats</i>

Lista de Unidades

GPa	Giga Pascal
J/(kg·K)	Joule por quilograma Kelvin
K	Kelvin
kg	Quilograma
kg/m ³	Quilograma por metro cúbico
kN	Kilo Newton
kW	Kilo Watt
kWh	Kilo Watt hora
xm	Metro
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
m/s	Metro por segundo
MJ/Nm ³	Mega Joule por metro cúbico normal
MPa	Mega Pascal
W/(m·K)	Watt por Metro Kevin
W/(m ² ·K)	Watt por Metro quadrado Kelvin
°C	Grau Célsio
%	Por cento
μm/K	Micrómetro por Kelvin

Lista de Símbolos

A	Área da superfície interior do gaseificador
Al ₂ O ₃	Alumina
C _e	Coefficiente de expansão térmica
CH ₄	Metano
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
c _p	Calor específico a pressão constante
e	Espessura do isolamento térmico
H ₂	Hidrogénio molecular
H ₂ O	Água
h _i	Coefficiente de convecção
I _M	Índice de mérito
K	Condutividade térmica
N ₂	Azoto Molecular
O ₂	Oxigénio molecular
q	Calor
T	Temperatura da superfície interior do gaseificador
β _i	Desempenho do material para a respetiva propriedade
ω _i	Importância de cada propriedade
ε	Emissividade
σ _{VM}	Tensão de von Mises
σ _y	Tensão de cedência

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Benchmarking</i>	Análise comparativa de soluções existentes no mercado
<i>Bonded</i>	Componentes fixos entre si
<i>Feedstock</i>	Alimentação do gaseificador
<i>Food Waste</i>	Resíduos alimentares depositados em aterro sanitário
<i>Insulation</i>	Isolamento térmico
<i>Players</i>	Tecnólogos do setor
<i>Syngas</i>	Gás de Síntese

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - CENTRO TECNOLÓGICO INOVAGAIA ONDE ESTÁ SEDEADA A ENC ENERGY	31
FIGURA 2 - EXEMPLOS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS ("GREEN CYCLE", 2016)	35
FIGURA 3 - ATERRO SANITÁRIO (ESTATÍSTICAS DOS RESÍDUOS 2014, 2014)	36
FIGURA 4 - CVEB DA SULDOURO (ENC ENERGY, 2016)	36
FIGURA 5 - INCINERADORES INDUSTRIAIS (NATURLINK, 2005)	37
FIGURA 6 - VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO COMBUSTÍVEL (SIERRAENERGY, 2016)	38
FIGURA 7 - PROCESSO DE GASEIFICAÇÃO (ALLPOWERLABS, 2016)	39
FIGURA 8 - ETAPAS DO PROCESSO DE GASEIFICAÇÃO (ALLPOWERLABS, 2016)	41
FIGURA 9 - REAÇÕES DE REDUÇÃO NA GASEIFICAÇÃO (ALLPOWERLABS, 2016)	42
FIGURA 10 - REATOR DE FLUXO CONTRACORRENTE (LOPES, 2014)	43
FIGURA 11 - REATOR DE FLUXO CONCORRENTE (LOPES, 2014)	44
FIGURA 12 - REATOR DE FLUXO CRUZADO (LOPES, 2014)	44
FIGURA 13 - REATOR DE FLUXO BORBULHANTE (LOPES, 2014)	45
FIGURA 14 - REATOR DE FLUXO CIRCULANTE (LOPES, 2014)	46
FIGURA 15 - REATOR HORIZONTAL DE GRELHAS MÓVEIS (LOPES, 2014)	47
FIGURA 16 - APLICAÇÕES DO SYNGAS (GASIFICATION-SYNGAS, 2016)	48
FIGURA 17 - ESQUEMA DE PRINCÍPIO DO CICLO TERMODINÂMICO DE RANKINE (ENERGY, 2016)	49
FIGURA 18 - PONDERAÇÃO DAS PRIORIDADES COMPETITIVAS	54
FIGURA 19 - DESENHO-ESBOÇO DO GASEIFICADOR A APRESENTAR	60
FIGURA 20 - VISTA GERAL DO GASEIFICADOR	66
FIGURA 21 - VISTA DO GASEIFICADOR EM CORTE	67
FIGURA 22 - VISTA EXPLODIDA DO GASEIFICADOR E SEPARAÇÃO POR SUBCONJUNTOS	69
FIGURA 23 - BACIA DE ALIMENTAÇÃO DE FEEDSTOCK	71
FIGURA 24 - PARTE SUPERIOR DO GASEIFICADOR COM O TUBO DE PIRÓLISE	72
FIGURA 25 - GRELHA DE COMBUSTÃO	73
FIGURA 26 - PARTE INFERIOR DO GASEIFICADOR COM ALIMENTAÇÃO DE AGENTE GASEIFICANTE	74
FIGURA 27 - TAMPA DE ACESSO LATERAL AO GASEIFICADOR	75

FIGURA 28 - SUPORTE DO CINZEIRO	76
FIGURA 29 - CINZEIRO	77
FIGURA 30 - ESTRUTURA DE SUPORTE DO GASEIFICADOR	78
FIGURA 31 - IDENTIFICAÇÃO DOS COMPONENTES	79
FIGURA 32 - VÁLVULA DE ESFERA DN25 (CHAGAS, 2015)	81
FIGURA 33 - VÁLVULA DE GUILHOTINA DN100 (VALCONTROL, 2016)	81
FIGURA 34 - CORDÃO DE FIBRA DE VIDRO RESISTENTE A ALTA TEMPERATURA (FRENZELIT, 2016)	82
FIGURA 35 - ÁRVORE DO PRODUTO RELATIVA AO CONJUNTO FINAL	87
FIGURA 36 - DESENHO SIMPLIFICADO DO REATOR	98
FIGURA 37 - SIMPLIFICAÇÃO DA GRELHA COM CHAMA	98
FIGURA 38 - CONTACTO GLOBAL “BOUNDED”	99
FIGURA 39 - CONTACTO “INSULATED”	100
FIGURA 40 - RESTRIÇÃO DE TEMPERATURA	101
FIGURA 41 - RADIAÇÃO EMITIDA PELA CHAMA PARA AS SUPERFÍCIES	102
FIGURA 42 - RADIAÇÃO EMITIDA PELAS PAREDES INTERNAS DO GASEIFICADOR PARA AS SUPERFÍCIES	103
FIGURA 43 - RADIAÇÃO EMITIDA PARA O MEIO CIRCUNDANTE	104
FIGURA 44 - CONVECÇÃO FORÇADA NO INTERIOR DO SISTEMA	105
FIGURA 45 - CONVECÇÃO NATURAL COM O AR DO MEIO AMBIENTE	106
FIGURA 46 - MALHA CONSIDERADA PARA O REATOR	107
FIGURA 47 - SIMULAÇÃO DA ANÁLISE TÉRMICA DO REATOR	108
FIGURA 48 – ESTRUTURA SIMPLIFICADA COM AS RESTRIÇÕES, CARREGAMENTOS E MALHA MESH	109
FIGURA 49 - SIMULAÇÃO DA ANÁLISE ESTRUTURAL ESTÁTICA DA ESTRUTURA	110
FIGURA 50 - ALUMINA (COF, 2017)	111
FIGURA 51 - ESQUEMA PARA O ISOLAMENTO TÉRMICO	112
FIGURA 52 - ESQUEMA DE PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO GASEIFICADOR	113
FIGURA 53 - ESQUEMA DE INTEGRAÇÃO DO CICLO COMBINADO DE RANKINE	114

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - ANÁLISE SWOT DA GASEIFICAÇÃO	40
TABELA 2 - LEGENDA DOS COMPONENTES DO CICLO DE RANKINE	50
TABELA 3 - LEVANTAMENTO DE SOLUÇÕES EXISTENTES NO MERCADO	55
TABELA 4 - COMPARAÇÃO DOS TIPOS DE REATOR EXISTENTES	56
TABELA 5 - CARACTERÍSTICAS DO SYNGAS CONSOANTE O TIPO DE GASEIFICADOR (LOPES, 2014)	59
TABELA 6 - ESTIMATIVA DE CÁLCULO DA CAPACIDADE MÁXIMA DO GASEIFICADOR A PROJETAR	61
TABELA 7 - LISTA DE MATERIAIS E PROPRIEDADES	63
TABELA 8 - MATERIAIS E PROPRIEDADES CONSIDERADAS	64
TABELA 9 - PONDERAÇÃO DAS PROPRIEDADES DOS MATERIAIS	64
TABELA 10 - AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE DESEMPENHO DO MATERIAL	65
TABELA 11 - LEGENDA DO PROCESSO	68
TABELA 12 - LEGENDA DOS SUBCONJUNTOS QUE CONSTITUEM O REATOR	70
TABELA 13 - LEGENDA DOS COMPONENTES CORRESPONDENTES AO SUBCONJUNTO 1	71
TABELA 14 - LEGENDA DOS COMPONENTES CORRESPONDENTES AO SUBCONJUNTO 2	73
TABELA 15 - LEGENDA DOS COMPONENTES CORRESPONDENTES AO SUBCONJUNTO 3	74
TABELA 16 - LEGENDA DOS COMPONENTES CORRESPONDENTES AO SUBCONJUNTO 4	75
TABELA 17 - LEGENDA DOS COMPONENTES CORRESPONDENTES AO SUBCONJUNTO 5	76
TABELA 18 - LEGENDA DOS COMPONENTES CORRESPONDENTES AO SUBCONJUNTO 6	76
TABELA 19 - LEGENDA DOS COMPONENTES CORRESPONDENTES AO SUBCONJUNTO 7	77
TABELA 20 - LEGENDA DOS COMPONENTES CORRESPONDENTES AO SUBCONJUNTO 8	78
TABELA 21 - LEGENDA DOS COMPONENTES CORRESPONDENTES AO SISTEMA	80
TABELA 22 - LISTA DE MATERIAIS DO CONJUNTO	82
TABELA 23 - SEQUÊNCIA DE FABRICO DO SUBCONJUNTO 1	88
TABELA 24 - SEQUÊNCIA DE FABRICO DO SUBCONJUNTO 2	89
TABELA 25 - SEQUÊNCIA DE FABRICO DO SUBCONJUNTO 3	91
TABELA 26 - SEQUÊNCIA DE FABRICO DO SUBCONJUNTO 4	91
TABELA 27 - SEQUÊNCIA DE FABRICO DO SUBCONJUNTO 5	93

TABELA 28 - SEQUÊNCIA DE FABRICO DO SUBCONJUNTO 6	93
TABELA 29 - SEQUÊNCIA DE FABRICO DO SUBCONJUNTO 7	94
TABELA 30 - SEQUÊNCIA DE FABRICO DO SUBCONJUNTO 8	95
TABELA 31 - LISTA DE MATERIAIS PARA A MONTAGEM FINAL	96
TABELA 32 - PARÂMETROS DA MALHA MESH DO REATOR	107
TABELA 33 - PARÂMETROS DA MALHA DA ESTRUTURA	110
TABELA 34 - CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DA ALUMINA (ACCURATUS, 2016)	111
TABELA 35 - ORÇAMENTOS	116

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	27
1.1	ENQUADRAMENTO	27
1.2	OBJETIVOS	28
1.3	METODOLOGIA	28
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	30
1.5	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA ACOLHEDORA DO PROJETO	31
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	35
2.1	GESTÃO DE RESÍDUOS	35
2.2	GASEIFICAÇÃO	38
2.2.1	ETAPAS DO PROCESSO	40
2.2.2	TECNOLOGIAS EXISTENTES	42
2.3	SYNGAS	47
2.4	CICLO COMBINADO DE RANKINE	49
3	DESENVOLVIMENTO	53
3.1	ANTEPROJETO	53
3.1.1	REQUISITOS E ESPECIFICAÇÕES DO SISTEMA	53
3.1.2	FATORES DE DIFERENCIAÇÃO DO EQUIPAMENTO	53
3.1.3	ESCOLHA DO TIPO DE REATOR	54
3.1.4	DESENHO-ESBOÇO	59
3.1.5	ESTUDO DA CAPACIDADE DE CARGA DO REATOR	60
3.2	PROJETO	61
3.2.1	SELEÇÃO DE MATERIAIS	61

3.2.2	MODELAÇÃO	66
3.2.3	ESCOLHA DE COMPONENTES COMERCIAIS	79
3.2.4	LISTA DE MATERIAIS DO CONJUNTO	82
3.2.5	PROCESSOS DE FABRICO	88
3.2.6	DIMENSIONAMENTO – ANÁLISE DE ELEMENTOS FINITOS	97
3.2.7	ISOLAMENTO TÉRMICO	111
3.2.8	PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO E INTEGRAÇÃO DO EQUIPAMENTO	113
3.2.9	ORÇAMENTAÇÃO DO EQUIPAMENTO	115
4	CONCLUSÕES	119
4.1	CONCLUSÕES INICIAIS	119
4.2	DESAFIOS E CONCLUSÕES FINAIS DO PROJETO	120
4.3	CONSIDERAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	121
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	125
5.1	CONSULTAS ONLINE	125
5.2	CONSULTA DE TESES, CATÁLOGOS DE FORNECEDORES E ARTIGOS	126
6	ANEXOS	129
6.1	FICHAS TÉCNICAS E CATÁLOGOS DE COMPONENTES COMERCIAIS	129
6.2	ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS SELECIONADOS	129
6.3	DESENHOS DE FABRICO	129
6.4	ORÇAMENTOS	130

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

1.2 OBJETIVOS

1.3 METODOLOGIA

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

1.5 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA ACOLHEDORA DO PROJETO

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são um grave problema para o meio ambiente, contudo deve-se, sempre que possível, explorar formas de minimizar o impacto ambiental e utilizar esses meios para obtenção de energia. Uma gestão mais eficiente dos recursos, baseada na legislação do Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos (PERSU 2020), pode trazer mais-valias nos setores ambiental e económico, se se olhar para este assunto como uma oportunidade de negócio.

Considerando que se deve minimizar a quantidade de resíduos depositados em aterro, tem-se a oportunidade de reciclar grande parte dos materiais.

O Combustível Derivado de Resíduos (CDR) consiste nos resíduos que não podem ser reciclados nem devem ser colocados em aterro pois, apesar de serem de origem orgânica, demoram muito tempo para se degradarem.

Para realizar o aproveitamento do CDR é necessário utilizá-lo como combustível, através da incineração, obtendo-se uma fonte de calor que pode ser recuperada em energia elétrica ou térmica. A parte negativa deste processo é que é extremamente poluente, libertando gases tóxicos para a atmosfera, provenientes da combustão descontrolada.

A gaseificação é uma alternativa limpa, e mais controlada do que a incineração. No seu processo, através de uma fonte de calor, ocorre a volatilização do material do CDR ou biomassa, obtendo-se um gás composto principalmente por hidrogénio (H₂) e monóxido de carbono (CO). Esse gás, denominado por *syngas* (Gás de Síntese), tem inúmeras aplicações.

O *syngas* possui um Poder Calorífico Inferior (PCI) considerável. Por esse motivo, pode-se efetuar a sua queima numa caldeira ou num motor de combustão interna. Pode-se desta forma obter energia elétrica e/ou térmica, e com este procedimento valorizar resíduos que representam um problema que necessita de ser solucionado, reduzindo o impacto ambiental e criando simultaneamente uma oportunidade de negócio.

O desafio deste trabalho passa pela realização de um projeto-piloto de um gaseificador, que consiste na seleção dos materiais e dos processos de fabrico adequados para a sua construção, dimensionamento da estrutura, análise de esforços, dimensionamento de tubagens e de isolamento térmico, visto que a máquina estará sujeita a pressões internas, altas temperaturas e a vibrações, quando em funcionamento.

1.2 OBJETIVOS

A presente dissertação tem como principal objetivo a elaboração de um projeto-piloto de um gaseificador de pequena escala para resíduos sólidos. Para isso, definiram-se alguns requisitos, sendo que o equipamento foi concebido para:

- Operar vários tipos de resíduos, nomeadamente a biomassa, os CDR depositados em aterros sanitários, carvão e qualquer outro resíduo com elevada percentagem de carbono na sua composição;
- Funcionar em pequena escala, o que constitui um desafio importante, pois será necessário reduzir a escala, perante as soluções existentes no mercado, pois o equipamento deverá ser utilizado para gaseificar amostras de resíduos com função de teste;
- Suportar as elevadas temperaturas de operação, com ciclos térmicos muito frequentes. Para o efeito, foi necessário avaliar se o equipamento teria de ser isolado termicamente na face exterior ou na face interior com um material refratário;
- Garantir a segurança do operador, para que este possa operar o equipamento sem sofrer queimaduras. A sua superfície não deverá ultrapassar a temperatura máxima admitida pelas normas de segurança;
- Funcionar em regime contínuo, sem necessidade de paragem para a realização de alimentação do sistema e remoção das cinzas produzidas durante o processo;
- Facilmente transportável: para o efeito, foi necessário reduzir ao máximo as dimensões e peso do equipamento;
- Ser economicamente viável: será importante reduzir os custos sempre que possível.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia seguida na realização desta dissertação passou essencialmente pelas seguintes fases: procura, compilação, organização e extração da informação já disponibilizada na literatura sobre o tema, assim como o estudo de sistemas concorrentes, anteprojecto da solução pretendida e correspondente análise crítica e, por fim, projeto da solução encontrada, com uma correspondente análise crítica e económica.

O anteprojeto determinará todos os requisitos e considerações a ter em conta, antes de se iniciar o projeto propriamente dito, como será explicado nos tópicos seguintes:

- Em primeiro lugar, foram definidos os requisitos e especificações do sistema a projetar, com o intuito de definir as necessidades do projeto e prever as dificuldades que se podem esperar durante a realização do mesmo;
- Com o objetivo de definir os fatores de diferenciação do produto, foi realizada uma ponderação das prioridades competitivas;
- De seguida foi realizada uma pequena pesquisa sobre os *players* existentes no mercado e as tecnologias utilizadas pelos mesmos. Posteriormente, após análise das tecnologias existentes foi selecionado o modelo a seguir para a elaboração deste projeto;
- Após a definição das estratégias nos pontos anteriores, procedeu-se à elaboração de um desenho-esboço, com o objetivo de conhecer as dimensões aproximadas do equipamento a projetar e, por fim, estimou-se a capacidade do reator, correspondente à capacidade de resíduo que o mesmo será capaz de operar.

O projeto irá descrever como foi concebido o equipamento, através de peças desenhadas, modelação numérica, cálculos e memória descritiva, tendo em conta todos os requisitos impostos previamente, segundo o procedimento que será explicado nos tópicos seguintes:

- Consoante os requisitos e especificações do projeto procedeu-se ao método das matrizes de seleção, com o intuito de selecionar o material apropriado para o setor mais crítico do gaseificador, o reator, que estará sujeito a temperaturas elevadas;
- Através do *software* de modelação SolidWorks® foram realizados os desenhos do equipamento com base no desenho-esboço elaborado anteriormente, e posteriormente, foram realizados os desenhos de construção;
- Consoante os requisitos e especificações do projeto, foram escolhidos os componentes normalizados do sistema, como válvulas, vedantes, etc., que garantam o funcionamento adequado do sistema;
- Posteriormente, foram definidos os processos de fabrico do equipamento e respetiva sequência operatória;
- Para dimensionar o equipamento, foi elaborada uma análise térmica ao reator do gaseificador, segundo o método de elementos finitos, através do *software*

apropriado, SolidWorks®. Foi também realizada uma análise linear elástica, à estrutura do equipamento, com o objetivo de minimizar os custos na seleção dos perfis tubulares da estrutura;

- Foi analisada a necessidade de utilização de isolamento térmico, e posterior dimensionamento, de forma a cumprir todas as normas de segurança ao operador do equipamento;
- Para compreender melhor o funcionamento do equipamento foi elaborado um diagrama de princípio de funcionamento do gaseificador, com o intuito de entender melhor o processo, e um esquema de integração do sistema, contemplando todas as interligações, para a aplicação pretendida, que será a geração de energia elétrica e térmica;
- Por fim foi realizada uma análise orçamental do equipamento com o intuito de verificar a viabilidade financeira do projeto.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente capítulo, “Introdução”, apresenta a contextualização do trabalho, referindo qual o propósito para a escolha do tema, assim como os objetivos principais e secundários propostos para este trabalho.

No segundo capítulo, “Pesquisa Bibliográfica”, será explicado como é atualmente realizada a gestão de resíduos, e contém uma pesquisa mais detalhada sobre a gaseificação, que será o principal foco deste trabalho, e o seu produto final, *syngas*.

O terceiro capítulo deste trabalho, “Desenvolvimento”, será dividido em dois pontos principais: (a) o anteprojeto, onde serão definidas as estratégias e elaborado um pré-estudo que servirá como base para o projeto propriamente dito, e (b) o projeto, onde será explicado todo o procedimento realizado durante o trabalho, com o objetivo de se fechar uma solução.

O quarto capítulo destina-se às “Conclusões”, que pretendem dar resposta aos objetivos propostos inicialmente e outras conclusões que surjam durante o trabalho.

O quinto capítulo, “Referências Bibliográficas”, irá reunir de forma organizada toda a bibliografia utilizada, *websites*, etc., onde a informação presente neste trabalho foi recolhida.

O sexto e último capítulo, “Anexos” organizará todos os desenhos, fichas técnicas e outros documentos que sejam considerados necessários, que não estejam presentes no corpo principal deste trabalho.

1.5 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA ACOLHEDORA DO PROJETO

Este projeto foi realizado na empresa ENC Energy, SGPS que conta com aproximadamente 30 colaboradores em Portugal e 10 no Brasil, com sede em: Avenida Manuel Violas, Nº476, 4410-137, São Félix da Marinha, Vila Nova de Gaia, Portugal, no edifício do INOVAGAIA no Centro Tecnológico de São Félix da Marinha, como ilustrado na Figura 1.



Figura 1 - Centro Tecnológico INOVAGAIA onde está sedeadada a ENC Energy

A empresa foi fundada a 5 de setembro de 2002 pelo atual CEO Dr. Jorge Matos. Atua desde então em áreas de negócio de soluções energéticas sempre em torno do ambiente. Passando por áreas como energia fotovoltaica, foi no biogás de aterro que a empresa criou raízes, tendo já uma vasta experiência, desde Centrais de Valorização Energética a Biogás (CVEB) próprias em Portugal, no aterro da Chamusca em Santarém, e no Brasil em Guatapará, Curitiba e Juiz de Fora, oferece também serviços como construção e venda de centrais chave na mão, e equipamentos de soluções para aterros, para muitos clientes em Portugal, como Suldouro, Valorsul, Braval, Valorlis entre outras e também em Marrocos, mais precisamente em Rabat, no Aterro Sanitário de Oum Azza, sendo que neste último não é uma central energética, mas sim uma unidade de créditos de carbono para inibição de emissões atmosféricas.

Mais recentemente a ENC Energy decidiu explorar uma nova área de negócio de elevado potencial, a gaseificação. Tendo já alguns parceiros para se iniciar nesta área decidiu-se estudar a possibilidade de criar um novo produto que será um equipamento denominado gaseificador, o qual será o objeto de estudo neste projeto.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 GESTÃO DE RESÍDUOS

2.2 GASEIFICAÇÃO

2.3 SYNGAS

2.4 CICLO COMBINADO DE RANKINE

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 GESTÃO DE RESÍDUOS

A produção de resíduos está na origem do uso de recursos por todos os setores de atividade industrial ou urbana, desde que os recursos da natureza são utilizados até que não tenham mais utilidade (PERSU2020, 2014).

Com o aumento da população e do nível de industrialização, a produção de resíduos tem vindo a aumentar de forma exponencial, mas, da mesma forma, o ser humano foi encontrando ao longo das últimas décadas formas de minimizar o impacto ambiental que os resíduos provocam.

“Em 2014, as famílias geraram 4,7 milhões de toneladas de resíduos urbanos e as empresas 11,3 milhões de toneladas de resíduos setoriais. Os sistemas integrados e sistemas individuais de gestão de fluxos específicos de resíduos, através dos quais é transferida a responsabilidade da gestão de resíduos para uma entidade gestora devidamente licenciada, recolheram 1,9 milhões de toneladas de resíduos (+1,5%, face a 2013), dos quais 68,7% foram valorizados” (Instituto Nacional de Estatística, 2014).

Os resíduos são, por motivos diversos, prejudiciais ao meio ambiente, pois por vezes são extremamente poluentes e/ou demoram muito tempo a biodegradarem-se.

Para minimizar esse impacto, encontraram-se procedimentos importantes e eficazes, como a sensibilização da população para procurar minimizar a produção de lixo, a reutilização de embalagens e outros materiais, assim como a reciclagem, como ilustra a Figura 2.



Figura 2 - Exemplos de materiais recicláveis (“Green Cycle”, 2016)

Este procedimento, que foi levado a cabo nas últimas décadas, denomina-se por política dos 3 R's - Reduzir, Reutilizar e Reciclar. Contudo, mesmo com este procedimento não é possível eliminar a produção de resíduos, sendo a deposição em aterros sanitários a forma mais utilizada atualmente.

Podemos ver na Figura 3 um aterro sanitário, não selado, em atividade. Durante o período de atividade, o aterro emite continuamente metano para a atmosfera.

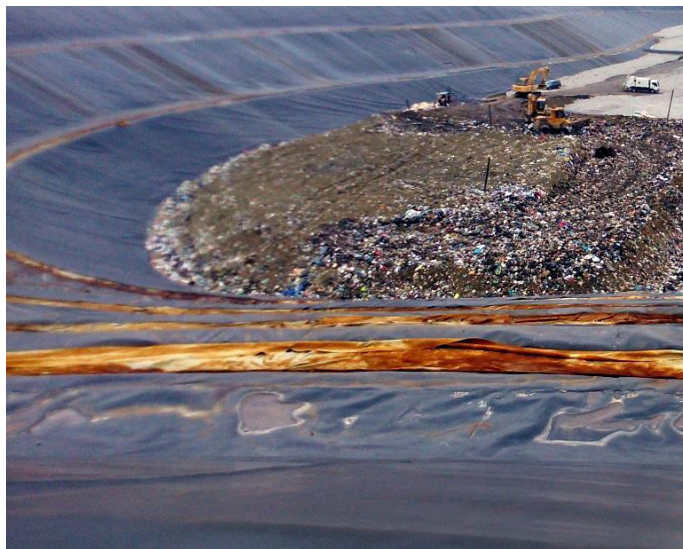


Figura 3 - Aterro sanitário (Estatísticas dos Resíduos 2014, 2014)

A deposição em aterros sanitários tem inúmeras vantagens, pois inibe a emissão de gases poluentes para a atmosfera, como o metano, após a sua selagem. Com este procedimento, é possível aproveitar o biogás de aterro, maioritariamente composto por metano, para ser utilizado como combustível para grupos motogeradores e, conseqüentemente, produção de energia elétrica e térmica, desempenhando atualmente em Portugal, uma parcela importante da energia consumida pela população. Na Figura 4 está ilustrada a Central de Valorização Energética da Suldouro, em Vila Nova de Gaia.



Figura 4 - CVEB da Suldouro (ENC Energy, 2016)

A grande desvantagem do procedimento anteriormente descrito é que, nem todos os resíduos depositados nos aterros sanitários contribuem para a produção de biogás, apenas os materiais biodegradáveis, como por exemplo *food waste* (resíduos com origem em desperdícios alimentares). Os materiais como borrachas, plásticos, etc., que não sejam biodegradáveis, estão a sobrelotar os aterros sanitários e a empobrecer a qualidade do biogás.

“Em 2014, a deposição em aterro, a pior opção de acordo com a hierarquia de gestão dos resíduos, continuou a ser o método de eliminação de RU (Resíduos Urbanos) mais utilizado em Portugal.

Em 2014 estiveram em atividade 32 aterros com uma capacidade de utilização de 23,3 mil milhões de toneladas, sendo que estão previstas obras de ampliação em aterros que representam atualmente 61,3% da capacidade utilizável total.

Em 2014, 20,7% dos RU tiveram como destino a valorização energética, 14,1% a valorização orgânica e 13,6% a recolha seletiva. Nos últimos vinte anos, a importância relativa da recolha seletiva passou de 1,1% do destino final dos RU para 13,6%.

Nos últimos cinco anos (2010-2014) a quantidade de resíduos provenientes da recolha indiferenciada encaminhados para valorização multimaterial cresceu 15 vezes, passando das 14,6 mil toneladas em 2010 para 233,0 mil toneladas em 2014 (30,4% do total de resíduos valorizados materialmente e 4,9% do total de RU recolhidos)” (Instituto Nacional de Estatística, 2014).

Os materiais que não podem ser reciclados, e que não contribuem para a produção de biogás, denominam-se como CDR, que é geralmente composto por borrachas e plásticos. Estes materiais são uma fonte rica de carbono, tendo por isso um elevado PCI, gerando uma considerável porção de energia térmica na sua queima.

A queima desses materiais é altamente poluente, denominada por incineração e, sendo assim, só as cimenteiras têm autorização para a realizar em Portugal. Na Figura 5 está representada uma incineradora a emitir gases poluentes para a atmosfera.



Figura 5 - Incineradores industriais (Naturlink, 2005)

“A decisão do Ministério do Ambiente em manter a opção do anterior governo pelo tratamento mecânico e biológico em detrimento da instalação de uma unidade de incineração de resíduos sólidos urbanos na zona centro do País (Coimbra e Aveiro) constitui uma decisão acertada. Ao abandonar definitivamente a incineração, o governo não só poupou o ambiente e a saúde pública, como também os recursos financeiros tão escassos no nosso País” (Naturlink, 2005).

2.2 GASEIFICAÇÃO

A gaseificação é um processo que utiliza calor para transformar biomassa, carvão ou resíduos de origem orgânica, geralmente denominados de *feedstock* (resíduo de alimentação para a gaseificação), em *syngas*, que funciona como um combustível.

Ao contrário da incineração, que produz inúmeros gases poluentes provenientes da queima direta de resíduos, o produto da gaseificação, *syngas*, é capaz de gerar energia sob a forma de calor ou eletricidade, com um nível de emissões relativamente baixo, à base de CO₂ e H₂O, sendo considerada uma queima praticamente limpa.

A utilização de *syngas* pode, em muitos casos, substituir os combustíveis fósseis mais utilizados atualmente. A Figura 6 sugere metaforicamente que os resíduos podem ser uma valiosa fonte de energia, sob a forma de combustível, chamando combustível (*Fuel*) a um recipiente com resíduos aparentemente inutilizáveis.



Figura 6 - Valorização de resíduos como combustível (SierraEnergy, 2016)

O processo de gaseificação necessita de uma alimentação para a entrada de *feedstock*, passando por várias etapas para produzir *syngas*. Para que o processo seja possível, é necessário injetar no sistema um agente gaseificante, que pode ser ar, vapor de água, ou oxigénio puro. Resumidamente, num processo de gaseificação, como está representado na Figura 7, existem entradas de *feedstock* e de ar, e saídas de cinzas e do produto final, *syngas*.

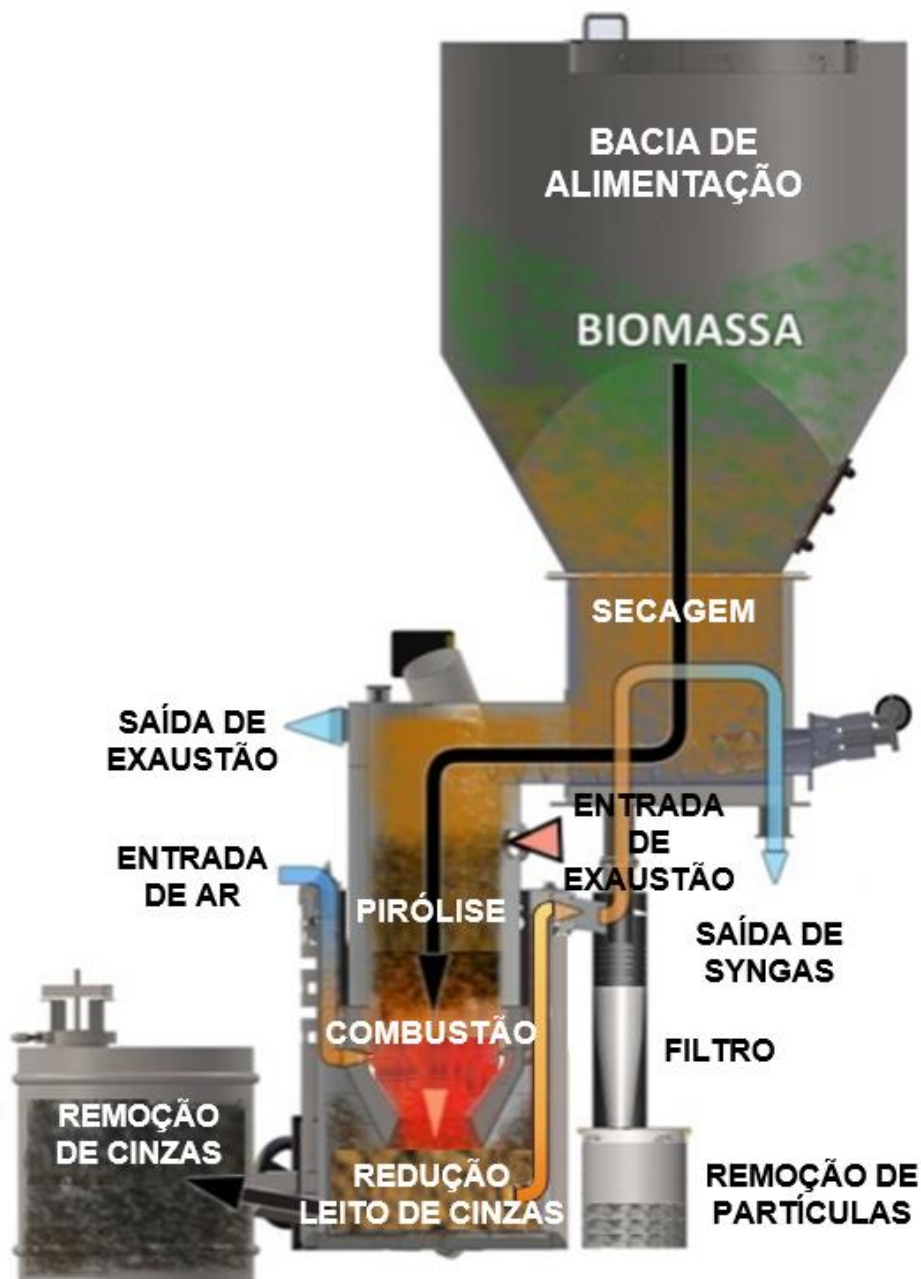


Figura 7 - Processo de gaseificação (AllPowerLabs, 2016)

O *syngas* passa por processos de filtragem para se garantir a sua qualidade e pureza.

O *feedstock*, antes do processo de gaseificação, pode passar por um processo de pré-aquecimento e secagem, com o objetivo de melhorar a eficiência do sistema.

Na Tabela 1, recorrendo à ferramenta de análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*), apresenta-se uma avaliação generalizada sobre a tecnologia de gaseificação, analisando os quatro parâmetros: pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças.

Tabela 1 - Análise SWOT da Gaseificação

<i>Strengths</i>	<i>Weaknesses</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Geração de energia limpa; • Valorização de resíduos; • Substituição de combustíveis fósseis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologia pouco enraizada e não comprovada; • Investimento elevado na tecnologia.
<i>Opportunities</i>	<i>Threats</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologia pouco explorada; • Preço baixo do combustível; • O custo de investimento tem vindo a baixar; • Elevado potencial da área de negócio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Legislação do setor.

2.2.1 ETAPAS DO PROCESSO

Como referido anteriormente, o processo de gaseificação pode ser utilizado para valorização energética de resíduos de origem orgânica, biomassa e carvão.

A gaseificação, de uma forma genérica, pode entender-se melhor dividindo-a por quatro etapas principais. Pode-se observar as mesmas na Figura 8, referindo-se à gaseificação de biomassa: 1) Secagem; 2) Pirólise; 3) Oxidação/Combustão e 4) Redução.

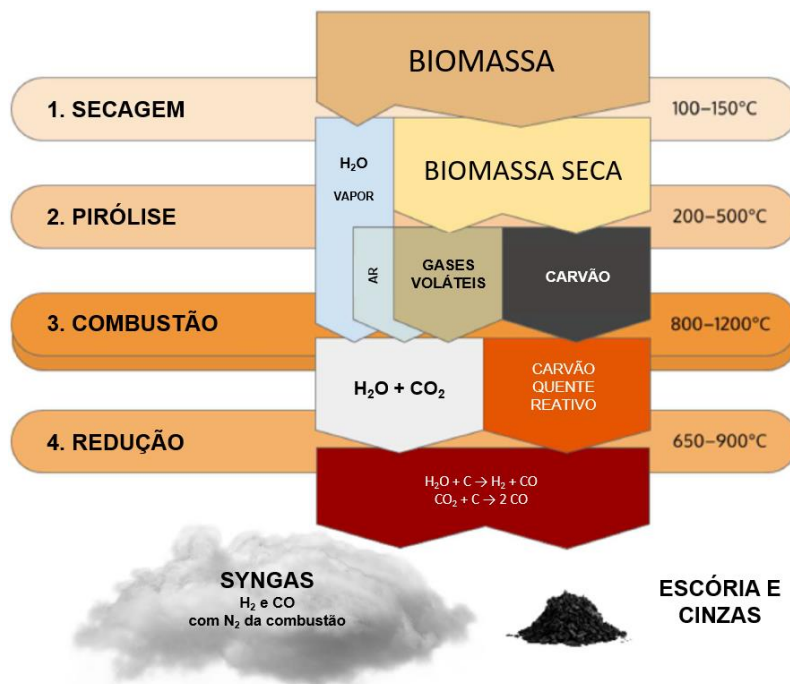


Figura 8 - Etapas do processo de gaseificação (AllPowerLabs, 2016)

1) Secagem

A secagem ocorre após a entrada de combustível no reator, para eliminar a humidade e aumentar a eficiência das etapas seguintes. Este processo inicia-se logo que o combustível entra no sistema e desce pelo leito da câmara do gaseificador até à zona de pirólise e, subseqüentemente, à zona de oxidação. Para este processo obter as condições ótimas, deve ocorrer numa gama de temperaturas de 100 a 150°C (Lopes, 2014).

2) Pirólise

A pirólise ocorre numa zona onde não há oxigénio suficiente para ocorrer combustão, mas o combustível está sujeito a radiação e calor, provocando a quebra das ligações químicas que, por sua vez, produzem um gás devido à volatilização do material. Este processo ocorre numa gama de temperaturas entre 200 e 500°C (Lopes, 2014).

3) Oxidação/Combustão

Na zona de oxidação/combustão, o reator é alimentado diretamente com ar para possibilitar a combustão de *feedstock*. Esta etapa é necessária para ocorrer a combustão completa que, ao contrário do que se verifica na etapa da pirólise, só é possível com a presença de agente gaseificante, que é importante para a produção de um gás limpo. Esta etapa verifica-se na zona de maior temperatura do sistema, compreendida entre 800 e 1200°C (Lopes, 2014).

4) Redução

Por fim ocorre a redução, que separa os átomos de oxigénio dos átomos de carbono e hidrogénio, dissociando as moléculas de dióxido de carbono e de vapor de água, formando moléculas de hidrogénio e monóxido de carbono, aumentando assim o poder calorífico do gás produzido. Esta reação decorre a temperaturas entre 650 e 900°C (Lopes, 2014).

Como se verifica na Figura 9, a partir dos gases provenientes da combustão (dióxido de carbono e vapor de água), que fornecem calor aos resíduos (que têm carbono na sua composição), obtêm-se compostos (monóxido de carbono e hidrogénio) que formam o *syngas*, que é maioritariamente formado por estes dois compostos.

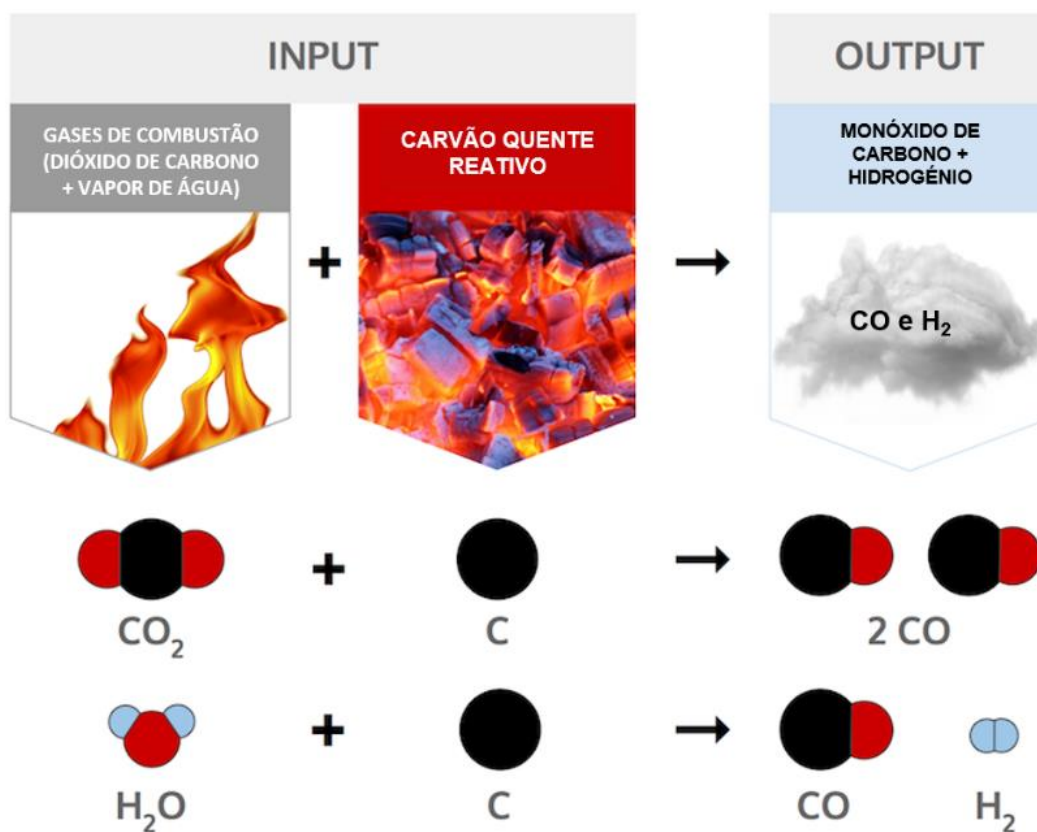


Figura 9 - Reações de redução na gaseificação (AllPowerLabs, 2016)

2.2.2 TECNOLOGIAS EXISTENTES

As tecnologias existentes no mercado para a construção de reatores para gaseificadores, diferenciando-se pela geometria dos mesmos, podem dividir-se em dois grandes grupos: leito fixo ou leito fluidizado, que por sua vez se subdividem em pequenos grupos, que se diferenciam pelo fluxo que opera no sistema, como é explicado detalhadamente de seguida.

1) Leito fixo

A alimentação é sempre efetuada por cima e o movimento do combustível ocorre por gravidade. Este tipo de gaseificador representa 77,5% dos gaseificadores em operação ou construção no mundo (Oliveira, 2008). Neste tipo de gaseificador, o combustível sólido é gaseificado em camadas, obtendo-se todas as etapas da gaseificação referidas anteriormente (Lopes, 2014).

a) Fluxo contracorrente

A entrada de ar realiza-se por baixo do reator com um fluxo ascendente. À medida que o combustível vai entrando no sistema, o gás produzido sobe e, como se encontra a uma temperatura mais elevada, vai provocar a pirólise e, de seguida, a secagem do combustível desde a sua entrada. Este sistema pode atingir 1300°C (Henriques, 2009). Pode-se observar o esquema representativo na Figura 10.

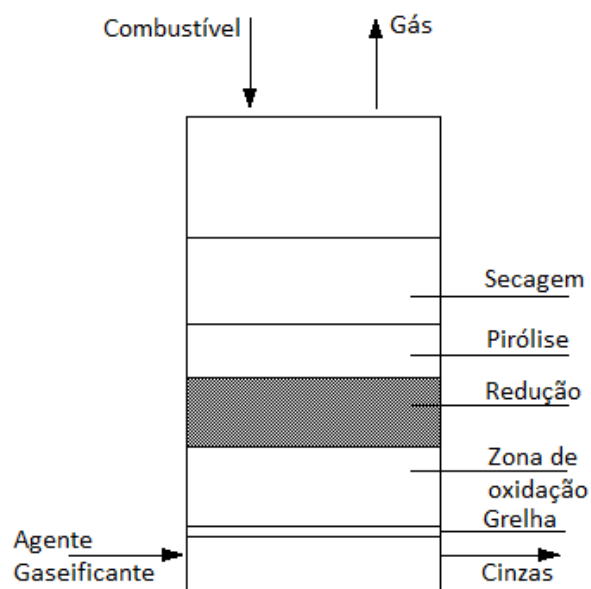


Figura 10 - Reator de fluxo contracorrente (Lopes, 2014)

b) Fluxo concorrente

Os alcatrões e os voláteis da zona de pirólise são forçados a passar na zona de combustão, onde são craqueados, produzindo um gás mais limpo, com baixos teores de alcatrão, porém com menor poder calorífico do que no gaseificador de fluxo contracorrente (Henriques, 2009). A temperatura máxima deste sistema ocorre na zona de pirólise, como se pode observar o esquema representativo na Figura 11.

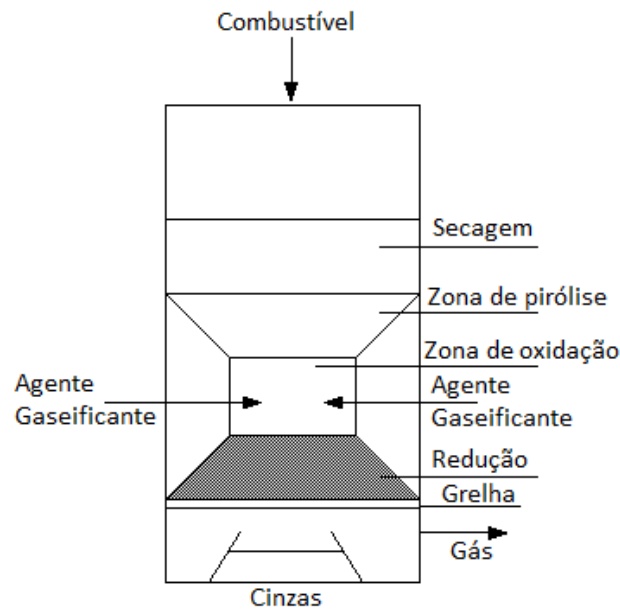


Figura 11 - Reator de fluxo concorrente (Lopes, 2014)

c) Fluxo cruzado

O gás produzido é retirado lateralmente do gaseificador, na mesma zona onde o ar é injetado. A taxa de ar/combustível é mais elevada neste modelo do que nos gaseificadores de fluxo concorrente e contracorrente. Devido a este facto, é criada uma zona de combustão com temperaturas muito elevadas (Henriques, 2009). Pode-se observar o esquema representativo na Figura 12.

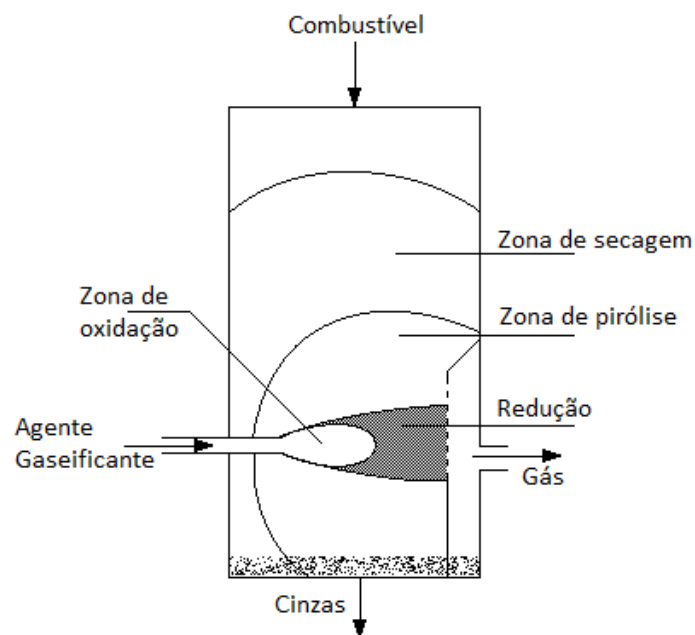


Figura 12 - Reator de fluxo cruzado (Lopes, 2014)

2) Leito fluidizado

Neste tipo de gaseificador não há zonas distintas de reação. Possuem um leito isotérmico que opera numa gama de temperaturas entre 700 e 900°C. Em termos gerais, são temperaturas inferiores às máximas verificadas nos reatores de leito fixo. Uma característica especial destes gaseificadores é a capacidade de converter qualquer material de origem orgânica num gás combustível, livre de alcatrão e com elevada eficiência térmica. Este tipo de gaseificador, apesar do elevado desempenho, está numa fase de estudo e evolução e ainda não é aplicado, devido ao elevado investimento que representa, sendo apenas indicado para aplicações em grande escala. Neste tipo de gaseificador, as partículas do combustível são mantidas suspensas num leito de partículas inertes fluidizadas pelo fluxo de ar injetado, criando condições de transferência de calor ótimas e homogeneidade em toda a câmara do gaseificador. Para isto, o combustível sólido deve ser fornecido em dimensões muito pequenas, para permitir a fluidização (Lopes, 2014).

a) Borbulhante

A velocidade de ascensão do fluxo de ar é de aproximadamente 2 a 3 m/s. Devido à baixa velocidade as partículas sólidas não são impulsionadas para fora do reator. Este tipo de reator tem a capacidade de trabalhar com uma grande variedade de combustíveis devido à presença do leito inerte. Sob estas condições de leito, as partículas do combustível são capazes de reagir completamente à elevada taxa de transferência de calor por condução (Rodrigues, 2008). O esquema de funcionamento pode ser observado na Figura 13.

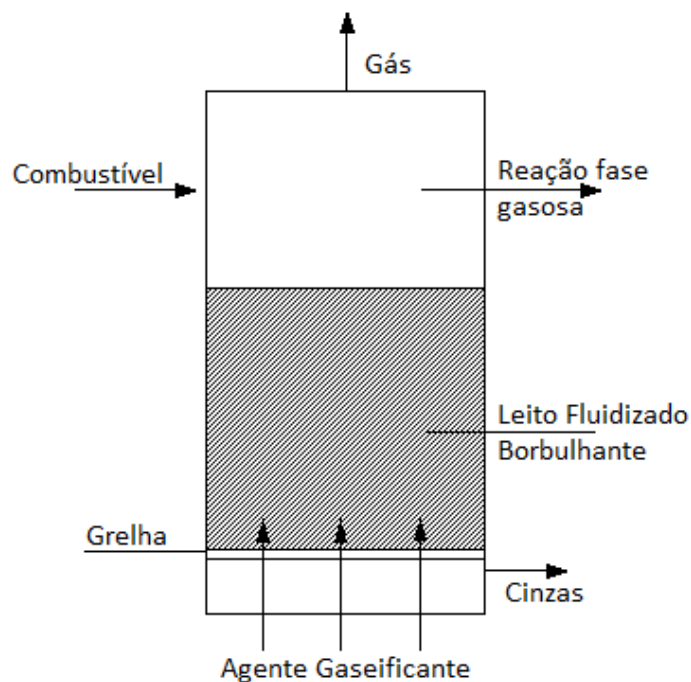


Figura 13 - Reator de fluxo borbulhante (Lopes, 2014)

b) Circulante

A velocidade de ascensão do fluxo de ar neste tipo de gaseificador é de aproximadamente 5 a 10 m/s. A expansão do leito ocupa completamente a câmara do gaseificador e uma fração dos sólidos particulados é arrastada juntamente com a corrente de gases para fora do reator. Consequentemente, esta fração é capturada por um ciclone e injetada novamente na câmara do gaseificador (Rodrigues, 2008). O esquema de funcionamento deste tipo de reator pode ser observado na Figura 14.

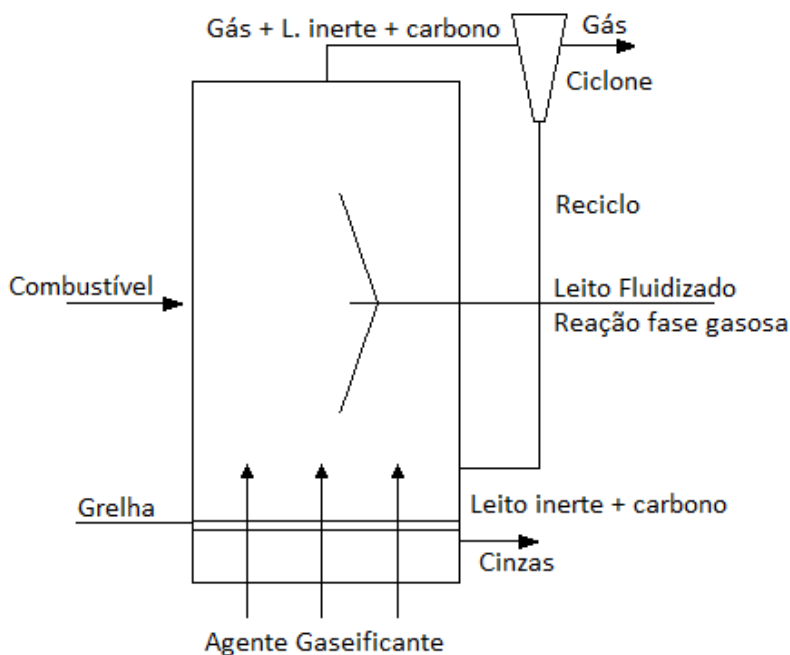


Figura 14 - Reator de fluxo circulante (Lopes, 2014)

c) Horizontal de grelhas móveis

Os gaseificadores de grelhas móveis proporcionam condições específicas para cada processo, tendo uma movimentação homogênea dos resíduos a baixa temperatura e pressão, no seu processo gera-se a secagem, a pirólise e gaseificação, produzindo gases combustíveis de uso industrial que são queimados numa 2ª câmara de altas temperaturas, apropriadamente concebida para gases com baixo PCI. Este tipo de gaseificador necessita de um transportador rolante para realizar a alimentação do processo. Pode utilizar qualquer tipo de resíduo (Lopes, 2014). Pode-se observar o esquema de funcionamento na Figura 15.

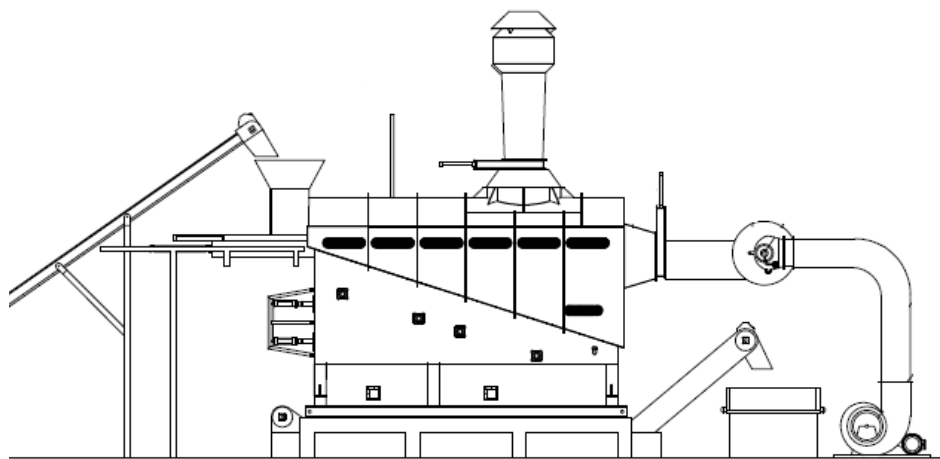


Figura 15 - Reator horizontal de grelhas móveis (Lopes, 2014)

2.3 SYNGAS

O *syngas* é uma mistura composta por monóxido de carbono, dióxido de carbono e hidrogénio. Este gás é produzido através da gaseificação de uma matéria-prima que contém carbono, obtendo-se assim um produto gasoso que apresenta um PCI considerável. Alguns dos exemplos de produção de *syngas* incluem gaseificação de carvão e resíduos para energia, apresentando uma densidade energética de aproximadamente 50% da patenteada pelo gás natural.

O nome gás de síntese é derivado da utilização deste como um intermediário na geração de gás natural sintético e na indústria, como um bloco químico de construção básico para muitos processos petroquímicos e de refinação, por exemplo para produção de amoníaco, metanol, lubrificantes ou combustíveis.

Os materiais utilizados para a gaseificação são o carvão, materiais à base de petróleo, ou outros materiais que seriam rejeitados como resíduos. A partir destes materiais, é gerada a matéria-prima, denominada de *feedstock*, que é inserida no gaseificador, em forma seca ou de suspensão. No gaseificador, esta matéria-prima reage, num ambiente com oxigénio reduzido, com vapor a pressão e temperatura elevadas.

Nestas reações, o carbono combina-se com água ou oxigénio, obtendo-se uma mistura de gases constituída por 85% de monóxido de carbono e hidrogénio e pequenas quantidades de metano e dióxido de carbono.

Na Figura 16 estão representadas as inúmeras aplicações do *syngas* (*Gasification-Syngas*, 2016).

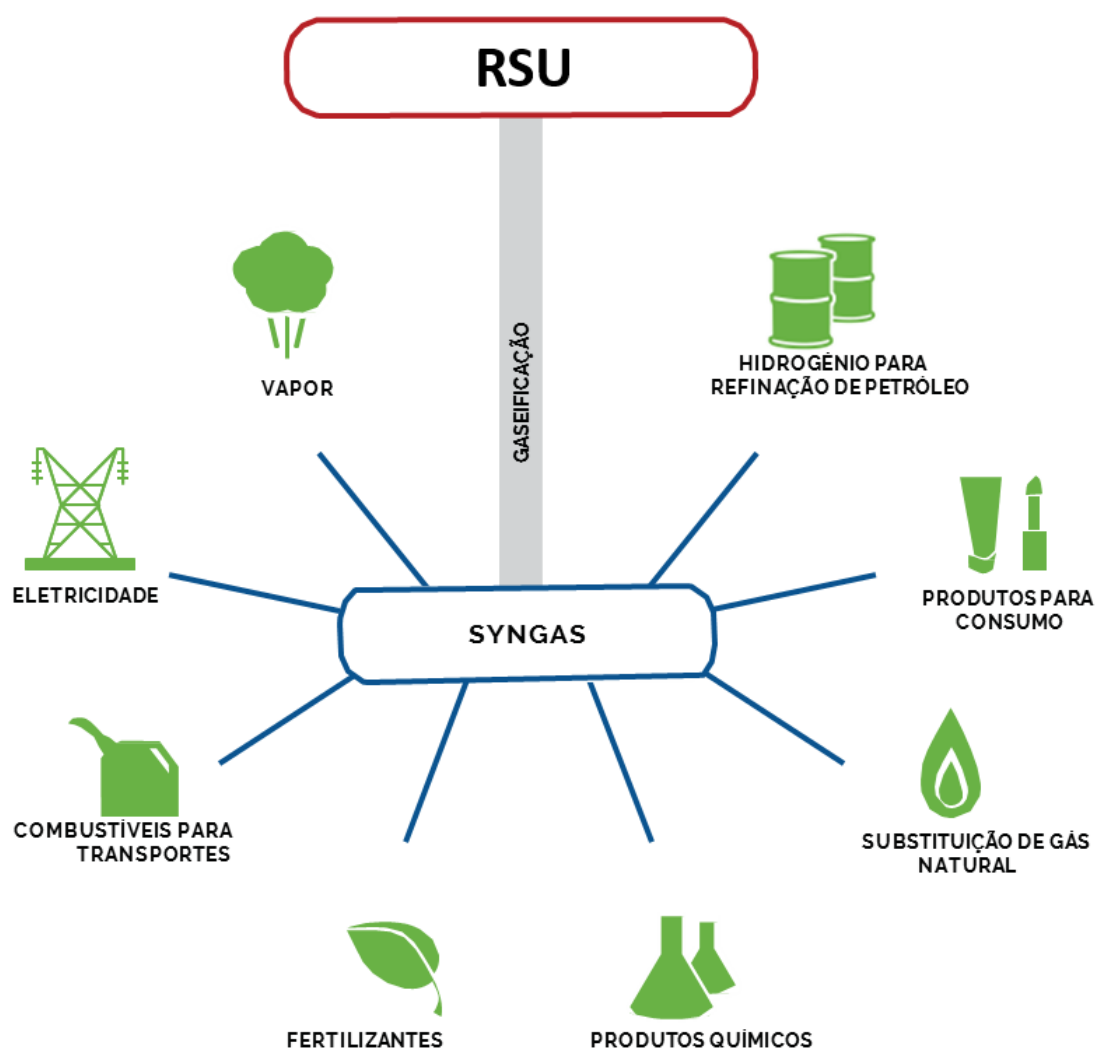


Figura 16 - Aplicações do syngas (Gasification-Syngas, 2016)

O *syngas* pode conter algumas impurezas, que são removidas através de processamento adicional e ou recuperadas ou redirecionadas para o gaseificador. Por exemplo, o enxofre é recuperado sob a forma elementar ou como ácido sulfúrico, podendo ambos ser comercializados. O *syngas* é uma fonte primária de ácido sulfúrico. Quando este contém uma quantidade considerável de azoto, tem que ser separado a fim de evitar a produção de óxidos de azoto, que são poluentes e contribuem para a produção de chuva ácida. Uma vez que tanto o monóxido de carbono como o azoto têm pontos de ebulição semelhantes, de modo a recuperar o monóxido de carbono puro, é necessário um processamento criogénico (Gasification-Syngas, 2016).

2.4 CICLO COMBINADO DE RANKINE

Uma das aplicações para o *syngas*, com o objetivo de se produzir energia sob a forma de eletricidade e calor, é através do ciclo de Rankine. Para isso, será necessário utilizar o *syngas* como combustível, gerando calor e, através de uma caldeira de recuperação, evaporar o fluido térmico que circulará no ciclo de Rankine, que constitui um ciclo termodinâmico utilizado em centrais de produção de energia, onde um fluido é continuamente evaporado e condensado. A seleção do fluido depende, essencialmente, do calor existente.

O sistema é composto por um circuito fechado em que o fluido, inicialmente no estado líquido, é aquecido até ao ponto de ebulição e se expande numa turbina a vapor. Esta expansão provoca a rotação da turbina à qual está acoplado um gerador que irá produzir energia elétrica. Após sair da turbina (sob a forma gasosa), o fluido passa por um condensador que o arrefece bruscamente, provocando a mudança para o estado líquido e, posteriormente, o início do ciclo.

A transformação do fluido para o estado gasoso será realizada através da queima de gás de síntese numa caldeira de recuperação. O calor libertado nesta queima (gases de escape) pode ainda ser usado, através da instalação de um permutador de calor, na secagem da matéria-prima que é utilizada no processo de gaseificação, melhorando assim a eficiência no ciclo de produção do gás de síntese (Energy, 2016).

Na Figura 17 que se segue, está representado um esquema de princípio do ciclo de Rankine, com os componentes necessários para o funcionamento do sistema.

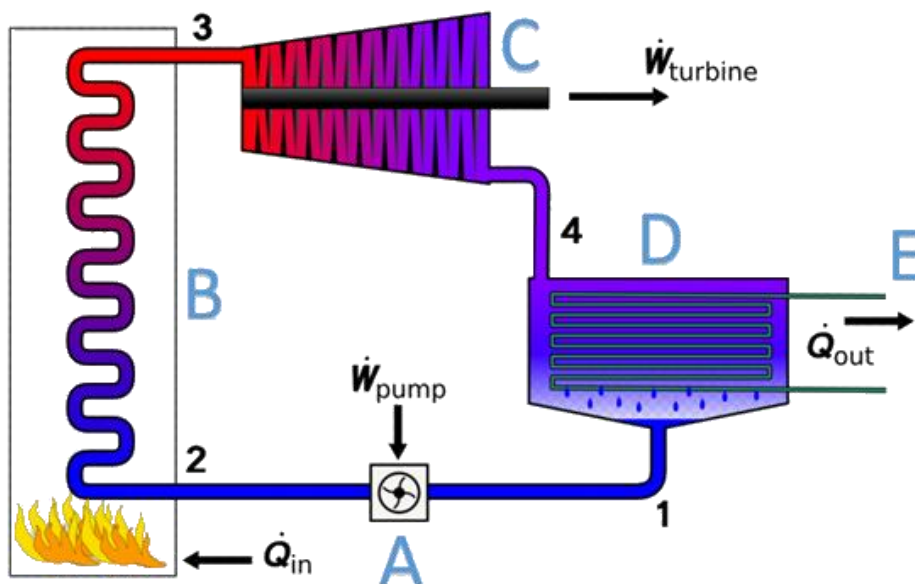


Figura 17 - Esquema de princípio do ciclo termodinâmico de Rankine (Energy, 2016)

Na Tabela 2 estão descritos todos os equipamentos constituintes do sistema de ciclo combinado de Rankine.

Tabela 2 - Legenda dos componentes do ciclo de Rankine

Legenda	Descrição
A	Bomba de impulso
B	Caldeira de recuperação
C	Turbina-Gerador
D	Condensador de vapor
E	Reaproveitamento térmico
1-2-3-4	Circuito do fluido térmico
\dot{W}_{pump}	Potência fornecida à bomba
\dot{W}_{turbine}	Potência da turbina
Q_{in}	Potência calorífica de entrada na caldeira (Queima <i>syngas</i>)
Q_{out}	Potência calorífica à saída para o condensador/reaproveitamento térmico

DESENVOLVIMENTO

3.1 ANTEPROJETO

3.2 PROJETO

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 ANTEPROJETO

3.1.1 REQUISITOS E ESPECIFICAÇÕES DO SISTEMA

Consoante as necessidades particulares para este projeto, refletindo sobre os objetivos principais deste trabalho, o gaseificador deve ser concebido para:

- Produzir *syngas* a partir de amostras de CDR, biomassa, carvão, e outros resíduos com considerável percentagem de carbono na sua composição;
- Trabalhar em regime contínuo, sem apresentar problemas de operação devido às elevadas temperaturas de serviço;
- Produção em pequena escala;
- Possibilitar a remoção das cinzas sem ser necessário interromper a operação;
- Possibilitar o ajuste da alimentação, na mistura de *feedstock*/agente gaseificante, conforme a necessidade de operação;
- Suportar elevadas temperaturas de serviço, e a superfície exterior não ultrapassar o limite imposto de 60°C, de forma a garantir a segurança dos operadores do equipamento;
- O material selecionado deverá ser resistente à corrosão, oxidação, fadiga térmica e elevadas temperaturas de serviço;
- Permitir a entrada de *feedstock* sem parar a operação.

3.1.2 FATORES DE DIFERENCIAÇÃO DO EQUIPAMENTO

Um dos fatores mais determinantes neste projeto é certamente o custo, pois desta forma o produto será mais competitivo a nível económico, sendo que a seleção dos materiais e o fabrico deverão ter o menor custo possível. Sendo assim, o custo é um fator prioritário.

A garantia de qualidade não deverá ficar esquecida, pois deve-se tentar que o equipamento tenha o melhor desempenho, com o mínimo de falhas e defeitos. Este fator, não sendo um fator prioritário, é importante que seja tido em conta, sempre dependendo do custo.

A flexibilidade do equipamento é um fator muito importante, pois o equipamento deverá ser concebido para gaseificar diferentes tipos de resíduo, e ser facilmente personalizável a nível de capacidade ou escala energética.

O tempo de entrega é, numa fase inicial, o fator menos determinante, visto que o equipamento está ainda numa fase de desenvolvimento e, provavelmente não se justificará uma produção em série, sendo o foco uma produção por encomenda, pelo menos numa fase inicial.

A Figura 27 representa a ponderação das prioridades competitivas em que os focos principais recaem no custo e também na flexibilidade.

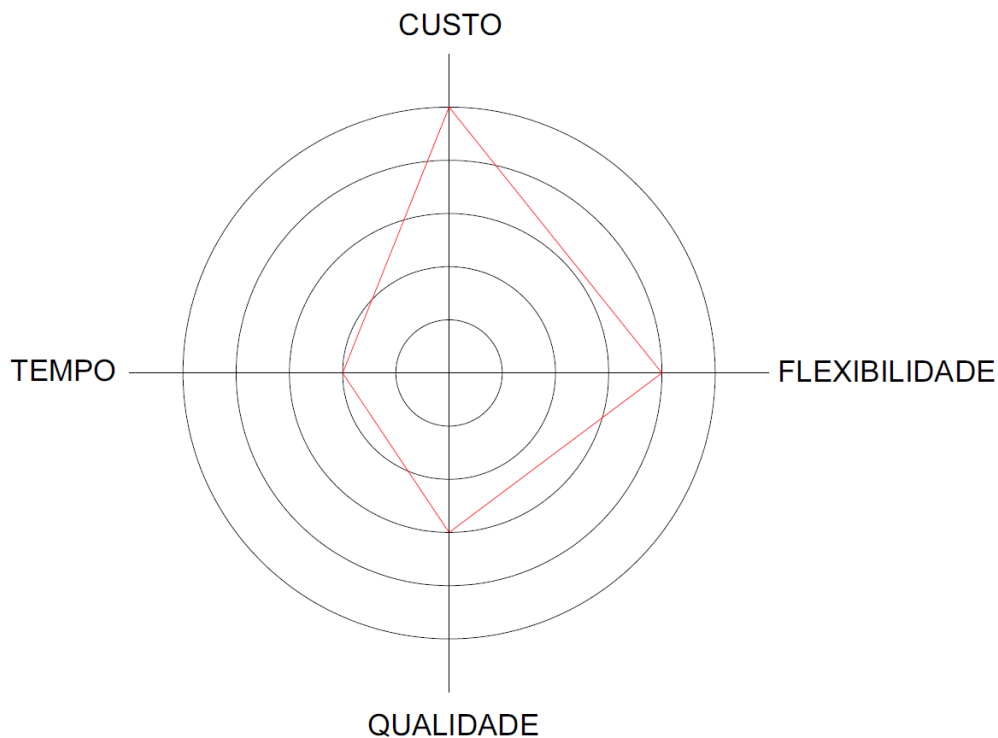


Figura 18 - Ponderação das prioridades competitivas

3.1.3 ESCOLHA DO TIPO DE REATOR

Para selecionar a tecnologia-modelo de gaseificação, apropriada às necessidades deste projeto, analisou-se os requisitos e prioridades competitivas elaboradas nos pontos anteriores.

Posteriormente será necessário realizar um estudo e, conseqüentemente, um *Benchmarking*, para comparar as tecnologias já implementadas no mercado pelos *players* mais importantes deste setor.

A Tabela 3 apresenta uma pesquisa e levantamento de alguns *players* do setor da gaseificação, as tecnologias de gaseificação utilizadas, a escala e o tipo de resíduo utilizado como *feedstock*.

Tabela 3 - Levantamento de soluções existentes no mercado

Empresa	País	Tecnologia utilizada	Escala	Tipo de <i>feedstock</i>	Referência
Haiqibiomass	China	Leito fixo: fluxo concorrente	Média / grande	CDR / biomassa	(HaiqiBiomass, 2016)
Carbogas	Brasil	Leito fluidizado: fluxo circulante	Média / grande	CDR / biomassa	(Carbogas, 2016)
Valmet	Finlândia	Leito fluidizado: fluxo circulante	Média / grande	CDR / biomassa	(Valmet, 2016)
Outotec	Finlândia	Leito fluidizado: fluxo circulante	Média / grande	CDR / biomassa	(Outotec, 2016)
Siemens	Alemanha	Leito fixo: fluxo concorrente	Micro / pequena	CDR / biomassa	(Siemens, 2016)
Midrex	Reino Unido	Leito fluidizado: fluxo circulante	Média / grande	Biomassa / carvão	(Midrex, 2016)
ICM	EUA	Leito fluidizado: fluxo circulante	Média / grande	Biomassa / carvão	(ICM, 2016)
Sierra Energy	EUA	Leito fixo: fluxo contracorrente	Pequena / média	CDR / biomassa	(SierraEnergy, 2016)
All Power Labs	EUA	Leito fixo: fluxo concorrente	Micro / pequena	Biomassa	(AllPowerLabs, 2016)
Holz-Kraft	Alemanha	Leito fixo: fluxo contracorrente	Micro / pequena	Biomassa	(Holz-Kraft, 2016)
Organics	Reino Unido	Leito fixo: fluxo contracorrente	Pequena / média	CDR	(Organics, 2016)

Como se pode observar na Tabela 3, para pequena escala a tendência é utilizar os gaseificadores de leito fixo, pois o investimento no equipamento é mais baixo, sendo concordante com a escala do negócio.

Para compreender melhor as diferenças entre os tipos de tecnologia de gaseificação, realizou-se a comparação entre os tipos de gaseificadores, utilizados atualmente, apresentando as vantagens e desvantagens principais de cada um (Tabela 4).

Tabela 4 - Comparação dos tipos de reator existentes

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
Leito fixo: fluxo contracorrente	<ul style="list-style-type: none"> • Alto teor de H₂ e CO (elevado PCI); • Desenho e construção de baixa complexidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo teor de CH₄ (incompatibilidade com especificações dos grupos motogeradores); • Elevada produção de cinzas; • Elevadas temperaturas (+/- 1100°C); • O leito do combustível ocorre por efeito da gravidade.
Leito fixo: fluxo concorrente	<ul style="list-style-type: none"> • Desenho e construção de baixa complexidade; • Os alcatrões são obrigados a passar na zona de combustão, reduzindo assim os teores desses compostos; • Baixas temperaturas (+/- 800°C). 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada produção de cinzas; • O leito do combustível ocorre por efeito da gravidade; • PCI mais baixo.

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
<p>Leito fixo: fluxo cruzado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alto teor de H₂ e CO (elevado PCI); • Desenho e construção de baixa complexidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo teor de CH₄ (incompatibilidade com especificações dos grupos motogeradores); • Elevada produção de cinzas; • Elevadas temperaturas (+/- 1100°C); • O leito do combustível ocorre por efeito da gravidade; • Elevada taxa de alcatrão.
<p>Leito fluidizado: fluxo borbulhante</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Apenas ocorre pirólise e não combustão; • Alto teor de metano; • Boa filtragem de cinzas; • Baixas temperaturas (+/-800°C). 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto investimento; • Construção complexa; • Necessidade de colocação de elementos filtrantes de alumina ou sílica; • Necessidade de fonte de calor externa; • Homogeneidade da câmara de combustão.

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
Leito fluidizado: fluxo circulante	<ul style="list-style-type: none"> • Apenas ocorre pirólise e não combustão; • Alto teor de metano; • Boa filtragem de cinzas; • Baixas temperaturas (+/-800°C). 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto investimento; • Construção complexa; • Necessidade de colocação de ciclone; • Necessidade de fonte de calor externa.
Horizontal de grelhas móveis	<ul style="list-style-type: none"> • Permite proporcionar condições específicas para cada processo; • Movimentação homogénea dos resíduos no reator; • Elevada produção de energia térmica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produção de gases pobres; • Elevado investimento; • Elevadas dimensões.

Após uma análise cuidada dos requisitos e especificações do projeto, da definição das prioridades competitivas, e do mercado existente, como se verifica na Tabela 4, procedeu-se à seleção do tipo de reator a seguir para a conceção deste equipamento.

Tendo em conta que uma das prioridades competitivas é o preço, o investimento terá de ser o mais baixo possível e, sendo assim, as hipóteses que restam são os gaseificadores de leito fixo, devido à sua baixa complexidade geométrica, que torna o seu desenho e construção mais simples.

Como a ideia inicial para este projeto piloto é contruir um gaseificador que possa operar amostras pequenas, para posterior análise do *syngas* produzido, deverá ser considerada um tipo de reator compatível com micro/pequena escala, sendo que os gaseificadores de leito fixo são mais apropriados para estas aplicações, possibilitando transportar o gaseificador sem dificuldades, o que é considerada uma vantagem.

Pode também excluir-se o gaseificador de leito fixo de fluxo cruzado, devido à elevada taxa de alcatrão presente no *syngas* produzido, uma vez que esta característica é determinante na futura aplicação do *syngas*.

Para concluir a seleção da tecnologia-modelo de gaseificação, realizou-se uma pesquisa para conhecer as diferenças na qualidade do *syngas* produzido por cada um dos três tipos de gaseificador de leito fixo, como se pode observar na Tabela 5.

Tabela 5 - Características do *syngas* consoante o tipo de gaseificador (Lopes, 2014)

Tipo de gaseificador	Agente gaseificante	PCI [MJ/Nm ³]	Composição do <i>syngas</i> [%]					Qualidade do <i>syngas</i>		
			H ₂	CO	CO ₂	CH ₄	N ₂	Alcatrão	Particulados	
Leito fixo	Concorrente	Ar	5,7	17	21	13	1	48	Boa	Mediana
	Concorrente	O ₂	10,4	32	48	15	2	3	Boa	Boa
	Contracorrente	Ar	5,5	11	24	9	3	53	Baixa	Boa
Leito fluidizado	Ar	5,4	9	14	20	7	50	Mediana	Baixa	

Após análise da Tabela 5, observa-se que a escolha de O₂ como agente gaseificante seria a ideal, mas devido ao elevado investimento para o efeito, decidiu-se que para o projeto piloto o agente gaseificante selecionado seria o ar.

Por fim, **selecionou-se o gaseificador de leito fixo de fluxo contracorrente** como tipo de reator a seguir para este projeto pois, apesar de possuir um PCI mais baixo do que o gaseificador de leito fixo de fluxo concorrente, apresenta menor taxa de emissões de dióxido de carbono (CO₂) e maior percentagem de metano (CH₄), podendo ser futuramente aplicado em grupos motogeradores.

3.1.4 DESENHO-ESBOÇO

Antes de se iniciar o projeto propriamente dito, elaborou-se um desenho-esboço com as dimensões principais aproximadas, assim como as entradas e saídas do sistema, tendo como base o tipo de gaseificador selecionado no ponto anterior.

Pode observar-se na Figura 19 o desenho base do gaseificador numa vista de corte, com as entradas de *feedstock* e agente gaseificante, as saídas de cinza e de *syngas*, assim como as dimensões principais que serão refletidas em projeto. Pode também observar-se os setores onde se realizarão as principais etapas: o tubo de pirólise, no qual se realiza a secagem (em cima) e a pirólise (em baixo), assim como a grelha de combustão, onde ocorre a combustão e a oxidação (na parte superior), e redução (na parte inferior).

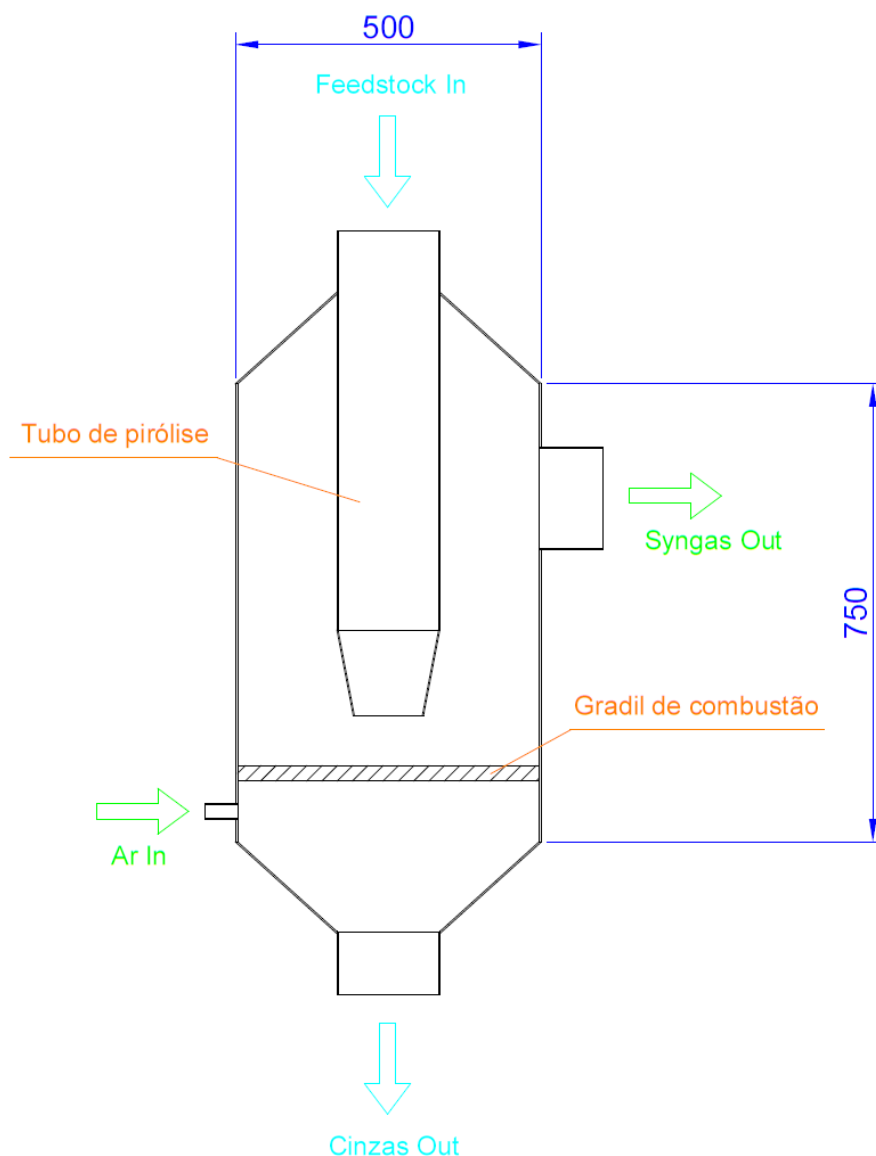


Figura 19 - Desenho-esboço do gaseificador a apresentar

As dimensões e localização das entradas e saídas do sistema apresentadas no desenho elaborado, com o *software* Draft Sight da Dassault Systèmes®, na Figura 19, representam apenas uma aproximação, pois a elaboração do projeto pode contar com alterações impostas ao primeiro desenho-esboço.

3.1.5 ESTUDO DA CAPACIDADE DE CARGA DO REATOR

Através das dimensões pré-definidas do reator do gaseificador, calculou-se a capacidade de carga do mesmo, com o intuito de estimar a massa de *feedstock* que o mesmo pode processar. As dimensões estão assinaladas na Tabela 6.

Tabela 6 - Estimativa de cálculo da capacidade máxima do gaseificador a projetar

Dimensões	Tubo de pirólise	Gradil de combustão	Unidades
Altura	0,6	0,17	m
Raio	0,06	0,24	m
Área	0,01	0,17	m ²
Volume	0,006	0,003	m ³
Massa volúmica aparente	1200	1200	kg/m ³
Massa	7	3	kg

A massa de *feedstock* estimada que poderá estar contida no tubo de pirólise é de aproximadamente 7 kg, enquanto na zona de combustão, no gradil, é de aproximadamente 3 kg.

Tendo em conta que o gaseificador a projetar será para processar amostras de *feedstock*, a massa total de 10 kg poderá não ser suficiente, sendo necessário considerar um meio de armazenamento de resíduo para que as dimensões apresentadas no ponto anterior sejam aceitáveis para projeto base.

O meio de armazenamento deve ser concebido com uma capacidade de aproximadamente 40 kg para que a amostra mínima de resíduo a operar seja de 50 kg.

Uma amostra de resíduo de 50 kg, cuja queima equivale a aproximadamente a 280 kWh de energia térmica, pode levar a que esse calor seja aproveitado num ciclo combinado de Rankine de pequena escala.

3.2 PROJETO

3.2.1 SELEÇÃO DE MATERIAIS

Consoante os principais requisitos impostos ao sistema, desenvolveu-se uma lista de requisitos a considerar na seleção do material do reator do gaseificador, que será a zona crítica em termos de projeto pois estará sujeita a elevadas temperaturas e exposição constante a um ambiente corrosivo.

Os principais requisitos a considerar para a seleção do material do reator são os seguintes:

- Elevada temperatura de serviço durante longos períodos de tempo (>850°C);
- Elevada resistência à corrosão e oxidação a temperaturas elevadas;
- Durabilidade;
- Resistência mecânica a temperaturas elevadas;
- Rigidez;
- Boa soldabilidade;
- Suportar variações cíclicas de temperatura;
- Custo acessível do material e dos processos de fabrico;
- Boa disponibilidade do material no mercado.

A partir dos requisitos anteriormente listados, considerou-se que a propriedades mais relevantes a considerar na seleção do material são as seguintes:

- Máxima temperatura de serviço superior a 850°C;
- Resistência mecânica a elevadas temperaturas de 900°C;
- Módulo de elasticidade elevado;
- Resistência à corrosão;
- Resistência à oxidação;
- Resistência à fadiga térmica;
- Soldabilidade;
- Maneabilidade (conformação plástica);
- Baixo custo do material;
- Baixo custo dos processos de fabrico ;
- Disponibilidade do material no mercado.

Considerando as propriedades selecionadas será possível realizar-se uma pré-seleção de materiais, tendo em conta os fatores determinantes para a funcionalidade e aplicabilidade do tipo de material.

Tendo em conta que a temperatura de serviço terá de ser superior a 850°C, todos os materiais de origem polimérica serão excluídos, tal como grande parte dos metais, sobrando apenas os materiais de origem cerâmica, alguns compósitos e ligas metálicas refratárias, próprias para temperaturas de serviço desta ordem de grandeza, pois têm um ponto de fusão muito elevado.

Analisando as propriedades como a resistência mecânica e soldabilidade, podem-se excluir todos os materiais cerâmicos e compósitos, selecionando-se apenas as ligas metálicas refratárias.

Tendo em consideração propriedades como a disponibilidade do material, o custo, soldabilidade e a maneabilidade (conformação plástica), poderemos eliminar as ligas de tungsténio, níquel, cobalto, etc., restando apenas alguns aços refratários que cumprem na íntegra todos os requisitos anteriormente mencionados.

Como se pode verificar na Tabela 7, com o intuito de simplificar o processo de seleção de materiais, escolheram-se as propriedades consideradas mais relevantes e uma lista de aços refratários consultados no catálogo de aços refratários de um fabricante de aços próprios para aplicações de elevadas temperaturas (Outokumpu, 2016).

Tabela 7 - Lista de materiais e propriedades

Designação	Máxima temperatura de serviço [°C]	Resistência mecânica a 900°C [MPa]	Módulo de elasticidade [GPa]	Resistência à corrosão	Resistência à oxidação	Resistência à fadiga térmica
AISI 309S	1095	125	210	3	5	4
AISI 310S	1150	125	210	3	5	5
AISI 304H	925	51	210	4	4	4
AISI 321H	950	48	210	5	4	4
AISI 314	1150	125	210	3	5	4
AISI 347H	900	39	210	5	4	4

Os valores apresentados para a máxima temperatura de serviço, resistência mecânica a 900°C e módulo de elasticidade foram consultados na plataforma *online* (Matweb, 2016); e para as propriedades: resistência à corrosão, resistência à oxidação e resistência à fadiga térmica consultou-se no catálogo de aços refratários (Outokumpu, 2016), atribuindo-se numa escala de 1 (muito mau) a 5 (muito bom) a classificação para as respetivas propriedades.

As propriedades como a soldabilidade, maneabilidade e disponibilidade não serão consideradas, pois estas apresentam valores muito similares entre os materiais selecionados, visto tratarem-se todos de aços inoxidáveis refratários com muito boa resistência a elevadas temperaturas e corrosão, apresentando características muito semelhantes. É de salientar que o custo, apesar de não ser considerado na matriz para efeitos de cálculo, é muito importante e foi tido em conta na pré-seleção de materiais. Com o intuito de simplificar, para efeitos de cálculo, selecionaram-se cinco materiais e quatro propriedades considerados mais relevantes, como apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Materiais e propriedades consideradas

Designação	Máxima temperatura de serviço [°C]	Resistência à corrosão a 900°C	Resistência mecânica a 900°C [MPa]	Resistência à fadiga térmica
AISI 309S	1095	3	125	4
AISI 310S	1150	3	125	5
AISI 304H	925	4	51	4
AISI 321H	950	5	48	4
AISI 314	1150	3	125	4

A negrito está representado o melhor valor da propriedade relativa ao material, que servirá como referência no cálculo do desempenho do material para cada propriedade.

Consequentemente, procedeu-se à elaboração da ponderação das propriedades dos materiais, para definir a importância de cada propriedade, e traduzi-la em percentagem para efeitos de cálculo, como se pode observar na Tabela 9.

Tabela 9 - Ponderação das propriedades dos materiais

#	Propriedade	[1-2]	[1-3]	[1-4]	Importância	Peso [%]
1	Máxima temperatura de serviço	55	60	65	1,0000	33,08
2	Corrosão a 900°C	45	-	-	0,8182	27,06
3	Fadiga térmica	-	40	-	0,6667	22,05
4	Resistência mecânica a 900°C	-	-	35	0,5385	17,81

Posteriormente atribuíram-se as importâncias relativas com valores percentuais e tendo a primeira como referência para as restantes, compararam-se as propriedades 1 e 2, as propriedades 1 e 3, e por fim as propriedades 1 e 4, tal como, assinalado no cabeçalho da Tabela 9.

De seguida, tomando o valor 1 para a propriedade de referência, calculou-se a importância das restantes propriedades. Por fim traduziu-se essa importância em percentagem. Na Tabela 10 estão registados os valores calculados do índice de desempenho de cada material, considerando as propriedades e os respetivos pesos.

Tabela 10 - Avaliação do índice de desempenho do material

Designação do material	Temperatura máxima de serviço	Resistência à corrosão	Resistência à fadiga térmica	Resistência mecânica a 900°C	Índice de mérito do material [%]
AISI 309S	1095 / 1150 = 0,95	3 / 5 = 0,60	4 / 5 = 0,80	125 / 125 = 1,00	83,18
AISI 310S	1150 / 1150 = 1,00	3 / 5 = 0,60	5 / 5 = 1,00	125 / 125 = 1,00	89,18
AISI 304H	925 / 1150 = 0,80	4 / 5 = 0,80	4 / 5 = 0,80	51 / 125 = 0,80	73,16
AISI 321H	950 / 1150 = 0,83	5 / 5 = 1,00	4 / 5 = 0,80	48 / 125 = 0,80	78,87
AISI 314	1150 / 1150 = 1,00	3 / 5 = 0,60	4 / 5 = 0,80	125 / 125 = 0,80	84,76

Para se calcular o desempenho de cada propriedade divide-se o valor de cada material pelo que tem o melhor valor obtendo-se um rácio compreendido entre 0 e 1. Depois, através da Equação (1) (Magalhães, A. G., 2015). calcula-se o índice de mérito para cada material.

$$I_M = \sum \beta_i * \omega_i \quad (1)$$

I_M - Índice de desempenho;

ω_i - Importância de cada propriedade;

β_i - Desempenho do material para a respetiva propriedade.

O material selecionado, que obteve o melhor índice de desempenho, foi o aço inoxidável refratário AISI 310 S (ANEXO 6.2) para os componentes do reator.

Para os componentes que não têm contacto direto com o processo e que não estão expostos a temperaturas tão elevadas, nem ao ambiente corrosivo, característico do processo, considerou-se que o aço inoxidável AISI 304 (ANEXO 6.2) é suficiente para cumprir os requisitos impostos e foi o material selecionado para o efeito.

3.2.2 MODELAÇÃO

Tendo como base o esboço ilustrado na Figura 19, procedeu-se à elaboração do modelo em 3 dimensões (3D), através da utilização do *software* SolidWorks da Dassault Systèmes®. O produto final pode ser observado na Figura 20.

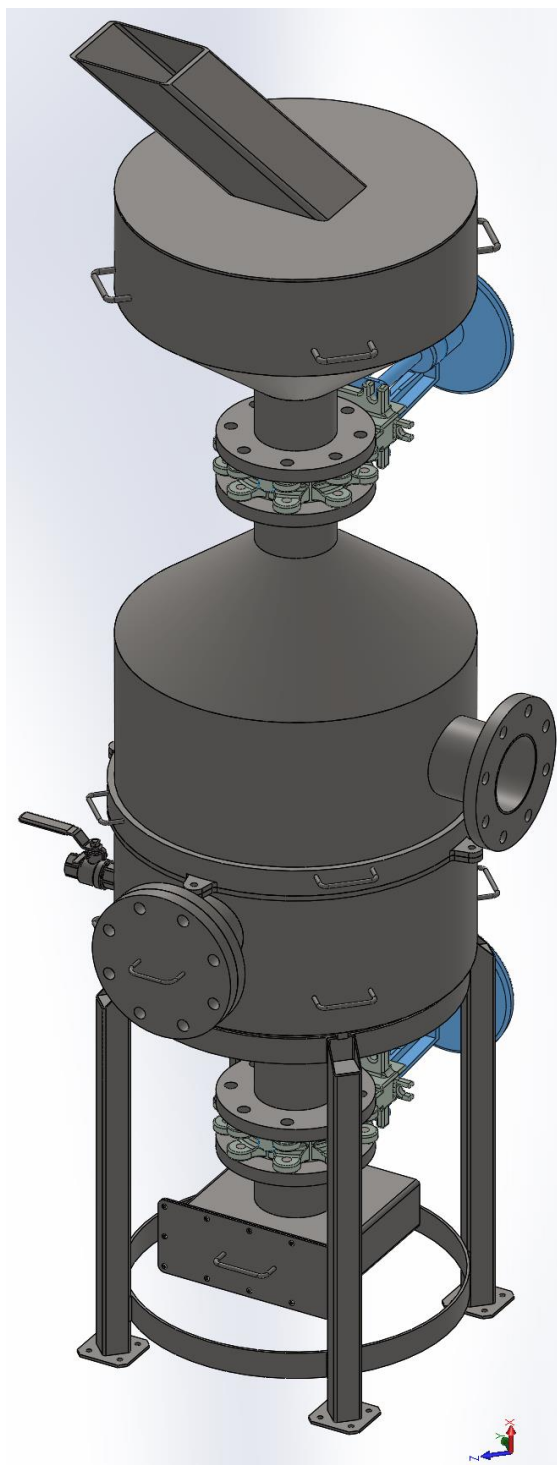


Figura 20 - Vista geral do gaseificador

Na Figura 21 está representada uma vista em corte do gaseificador, na qual se pode verificar com mais detalhe os vários setores do equipamento. Pode ver-se também, através das semelhanças, que este teve como base o esboço apresentado na Figura 19.

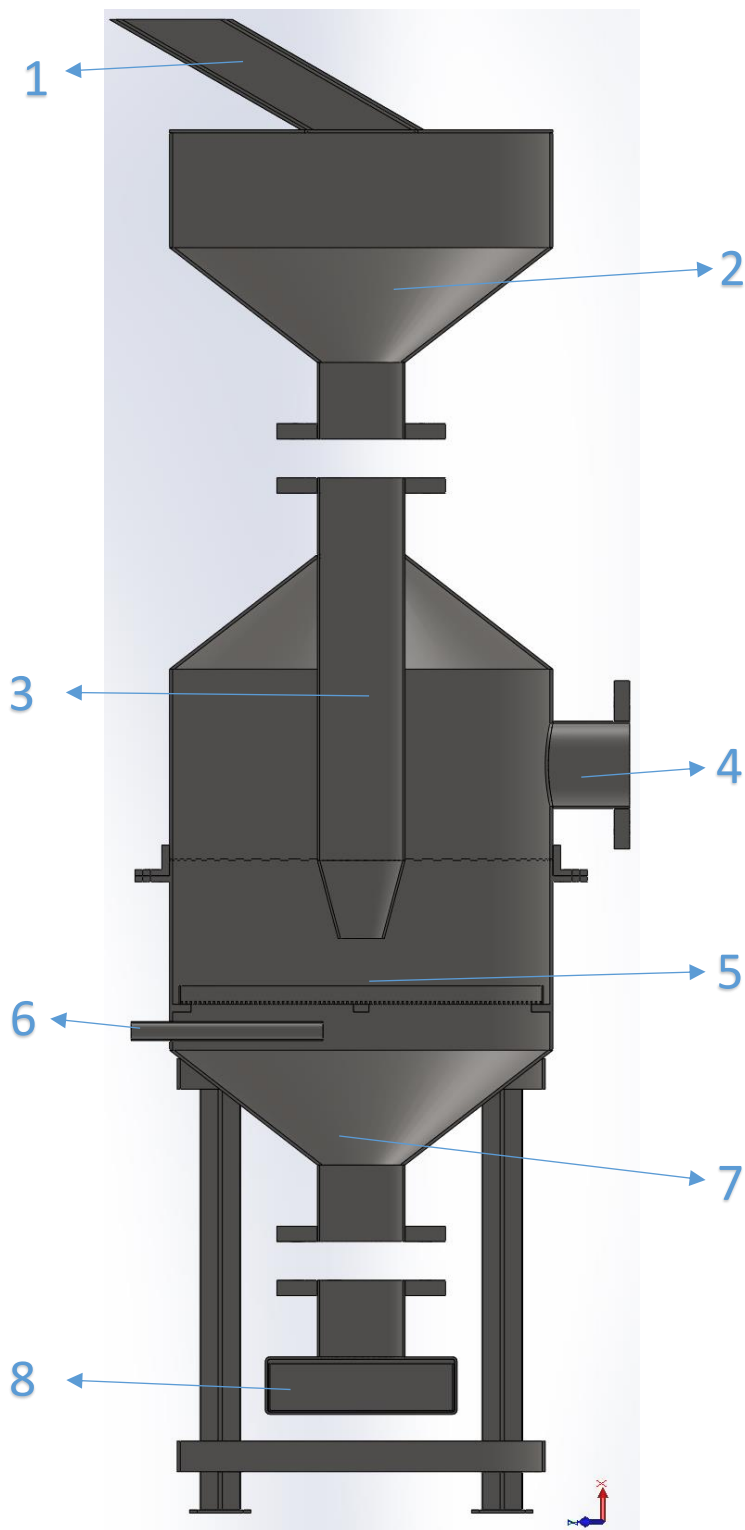


Figura 21 - Vista do gaseificador em corte

Como se pode verificar na Tabela 11, estão descritas todas as etapas da gaseificação, assim como os fluxos existentes no processo.

Tabela 11 - Legenda do processo

Legenda	Descrição
1	Entrada de <i>feedstock</i>
2	Armazenamento
3	Secagem e pirólise
4	Saída de <i>syngas</i>
5	Combustão
6	Entrada de ar
7	Redução
8	Saída de cinzas

Na Figura 21 pode observar-se a zona de armazenamento, que tem como função aumentar a capacidade do equipamento, e as quatro etapas da gaseificação, nomeadamente: secagem, pirólise, combustão e redução. Assinalaram-se também as entradas de *feedstock* e de agente gaseificante (ar), tal como as saídas de *syngas* e cinzas.

A Figura 22 apresenta a vista explodida do gaseificador, separado em subconjuntos, para simplificar a elaboração da árvore do produto, que será apresentada mais à frente neste trabalho.

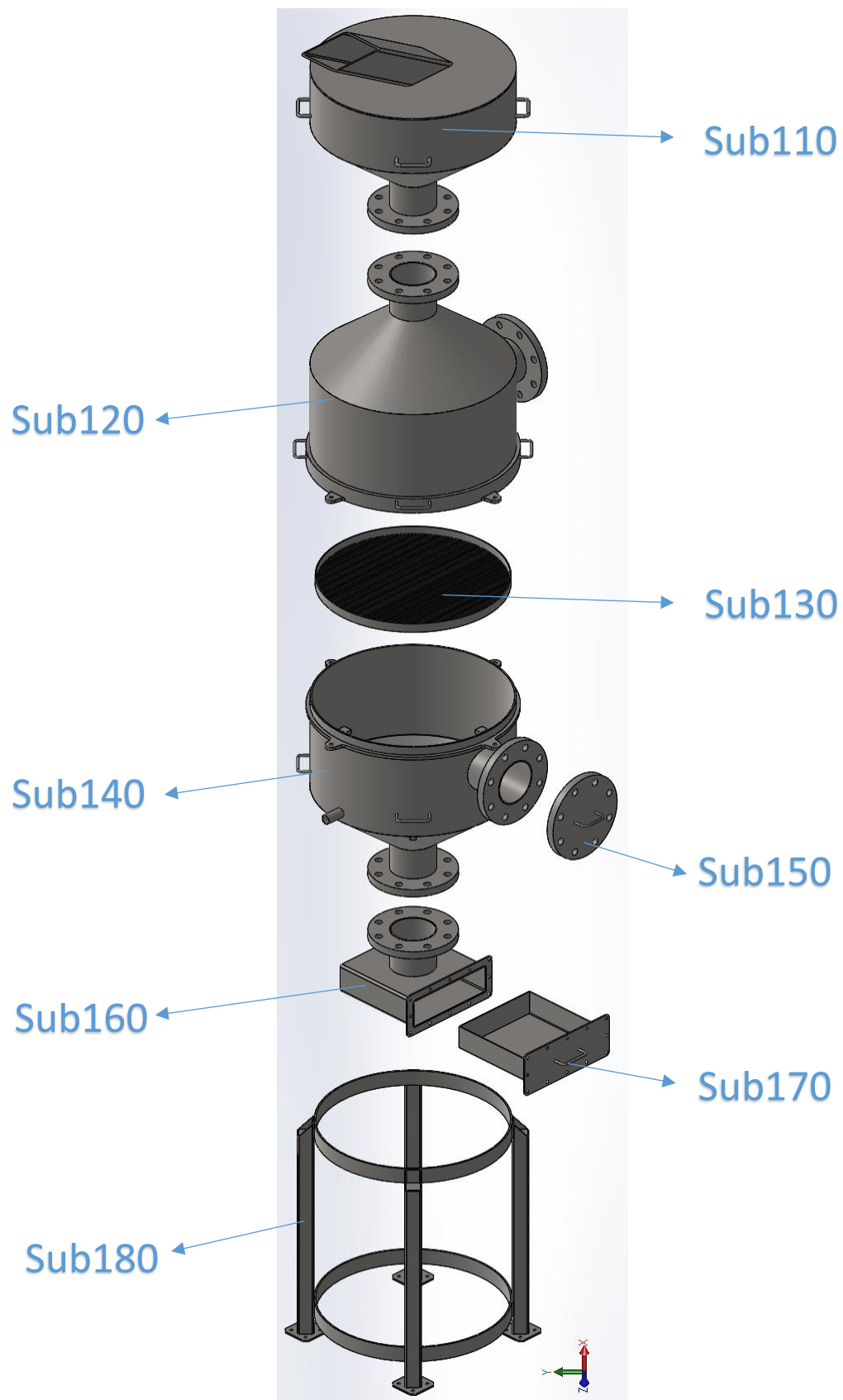


Figura 22 - Vista explodida do gaseificador e separação por subconjuntos

Os subconjuntos, descritos na Tabela 12, serão apresentados com maior detalhe de seguida neste capítulo.

Tabela 12 - Legenda dos subconjuntos que constituem o reator

Item	Descrição
Sub110	Bacia de armazenamento
Sub120	Parte superior do gaseificador
Sub130	Grelha de combustão
Sub140	Parte inferior do gaseificador
Sub150	Tampa de acesso lateral
Sub160	Suporte do cinzeiro
Sub170	Cinzeiro
Sub180	Estrutura de suporte

Na Figura 23 está apresentado o subconjunto 1 do gaseificador que representa a bacia de alimentação do *feedstock*, onde pode ser armazenada alguma quantidade do mesmo antes de entrar em processamento.

A entrada de *feedstock* é efetuada pelo topo superior, por uma entrada em perfil tubular quadrado. Depois, o *feedstock* é armazenado num cilindro com fundo cónico e, no final, o processo está isolado por uma ligação flangeada com uma válvula de corte DN100.

O subconjunto pode ser desacoplado dos outros subconjuntos do gaseificador através da ligação flangeada e pode ser movido com o auxílio manual através das quatro pegas laterais no corpo do subconjunto.

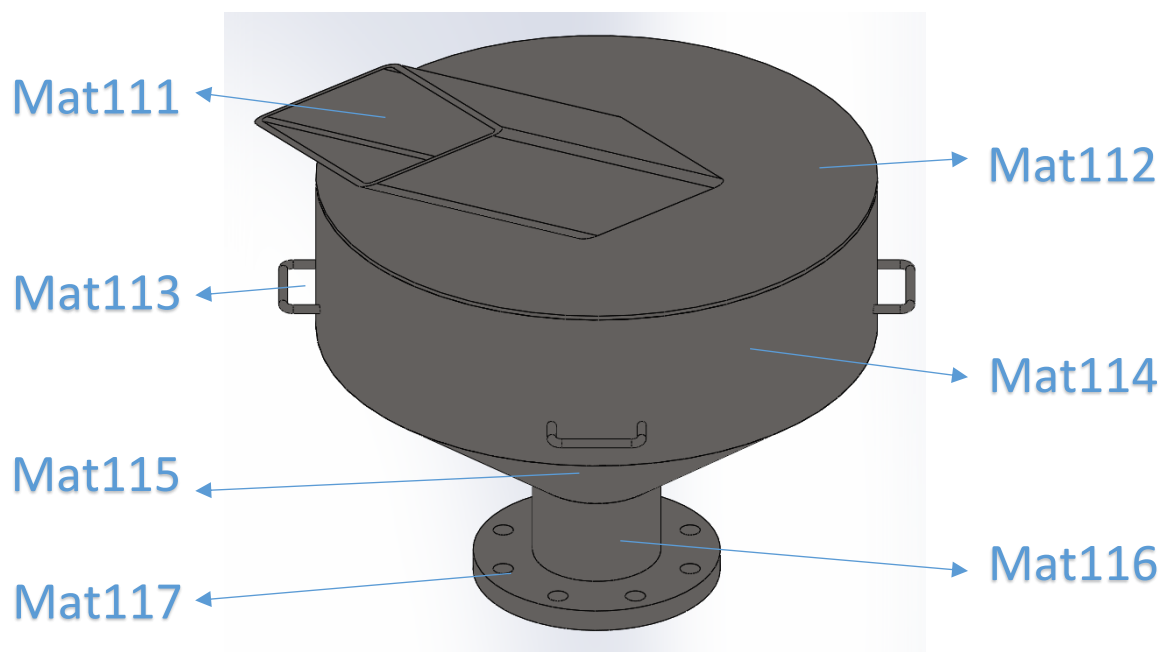


Figura 23 - Bacia de alimentação de *feedstock*

Na Tabela 13 estão descritos todos os componentes que constituem o subconjunto 1.

Tabela 13 - Legenda dos componentes correspondentes ao subconjunto 1

Item	Descrição
Mat111	Tubo de secção retangular de 160 x 80 x 4 [mm]
Mat112	Chapa plana de 4 mm de espessura
Mat113	Varão de $\varnothing 5$ mm
Mat114	Chapa calandrada de 4 mm de espessura
Mat115	Chapa calandrada cónica de 4 mm de espessura
Mat116	Tubo circular (ISO) DN100 x 2 [mm]
Mat117	Flange plana DIN 2576 PN10 (ISO) DN100 mm

Na Figura 24 está apresentado o subconjunto 2, que é referente à parte superior do gaseificador, que recebe o *feedstock*, onde se inicia o processo de gaseificação pelo tubo de pirólise, onde ocorrem as duas primeiras etapas: a secagem e a pirólise.

Como se pode visualizar, o subconjunto é composto pela parte superior do corpo do gaseificador, em forma cilíndrica, com o topo cônico.

No topo é onde é realizada a entrada de *feedstock*, proveniente da bacia de armazenamento, que está separada deste subconjunto por uma ligação flangeada com válvula, conforme anteriormente descrito.

A descida de *feedstock* é realizada pelo tubo de pirólise onde, tal como referido anteriormente, ocorrem as etapas de secagem e pirólise. A extremidade inferior do tubo tem uma redução concêntrica, com o intuito de controlar a quantidade de *feedstock* que segue para a grelha de combustão.

A saída de *syngas* está localizada no corpo deste subconjunto, numa ligação tubular flangeada DN100.

O desacoplamento deste subconjunto é realizado através de quatro orelhas que garantem uma ligação fixa à parte inferior do gaseificador, através de uma ligação aparafusada. A colocação ou retirada deste subconjunto é realizada manualmente pelas quatro pegas, em volta do corpo do subconjunto.

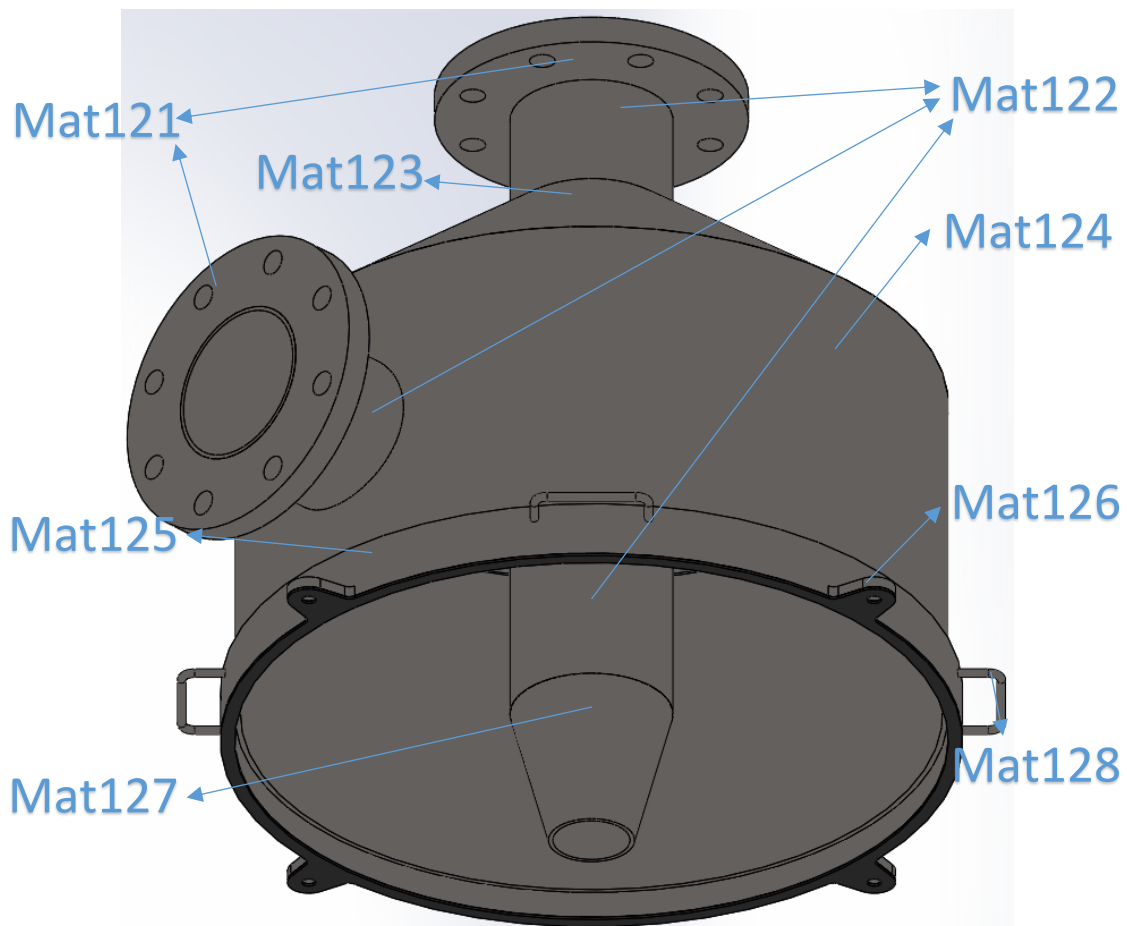


Figura 24 - Parte superior do gaseificador com o tubo de pirólise

Na Tabela 14 estão descritos todos os componentes que constituem o subconjunto 2.

Tabela 14 - Legenda dos componentes correspondentes ao subconjunto 2

Item	Descrição
Mat121	Flange plana DIN 2576 PN10 (ISO) DN100
Mat122	Tubo circular (ISO) DN100 x 2 mm
Mat123	Chapa calandrada cônica de 4 mm de espessura
Mat124	Chapa calandrada de 4 mm de espessura
Mat125	Anel de 4 mm de espessura
Mat126	Abas de 10 mm de espessura
Mat127	Redução concêntrica DN100-80
Mat128	Varão com $\varnothing 5$ mm

Na Figura 25 está representado o subconjunto 3, referente à grelha de combustão, onde o *feedstock* será controladamente queimado, de forma a gerar calor suficiente para ocorrer o processo de gaseificação. A grelha é composta por um anel e por barras transversais para impedir a queda de *feedstock* durante a combustão, mas que simultaneamente permitem a queda das cinzas.

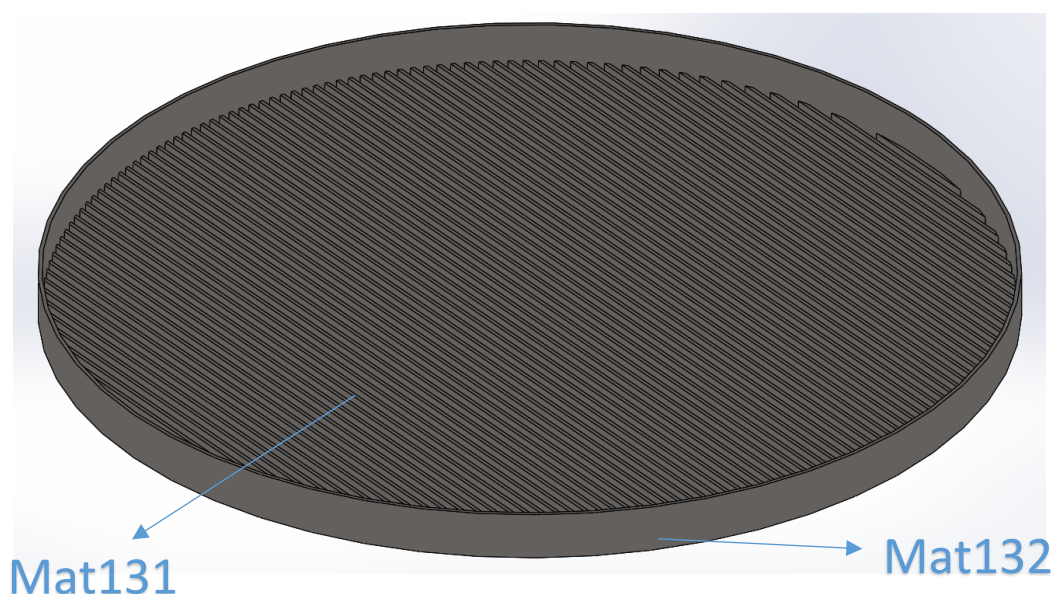


Figura 25 - Grelha de combustão

Na Tabela 15 estão descritos os componentes que constituem o subconjunto 3.

Tabela 15 - Legenda dos componentes correspondentes ao subconjunto 3

Item	Descrição
Mat131	Barra 5 x 5 [mm]
Mat132	Anel de $\varnothing 475$ mm e 5 mm de espessura

Na Figura 26 pode observar-se o subconjunto 4, que representa a parte inferior do gaseificador, onde se coloca a grelha de combustão, que fica posicionada nas quatro saliências localizados no interior do corpo do gaseificador. O subconjunto é composto, da mesma forma que o subconjunto 2, por um cilindro com uma extremidade inferior em forma de cone, por onde são retiradas as cinzas resultantes do processo. A ligação ao sistema de extração de cinzas é concebida através de uma ligação flangeada com válvula de corte DN100.

O corpo do subconjunto tem um acesso, através de um tubo DN100, que permite aceder à zona de combustão do gaseificador. A entrada de agente gaseificante é realizada através de uma tubagem DN25 com uma válvula de esfera que permita a regulação da entrada de ar. A sua colocação/retirada pode ser realizada manualmente através de quatro pegas em torno do subconjunto.

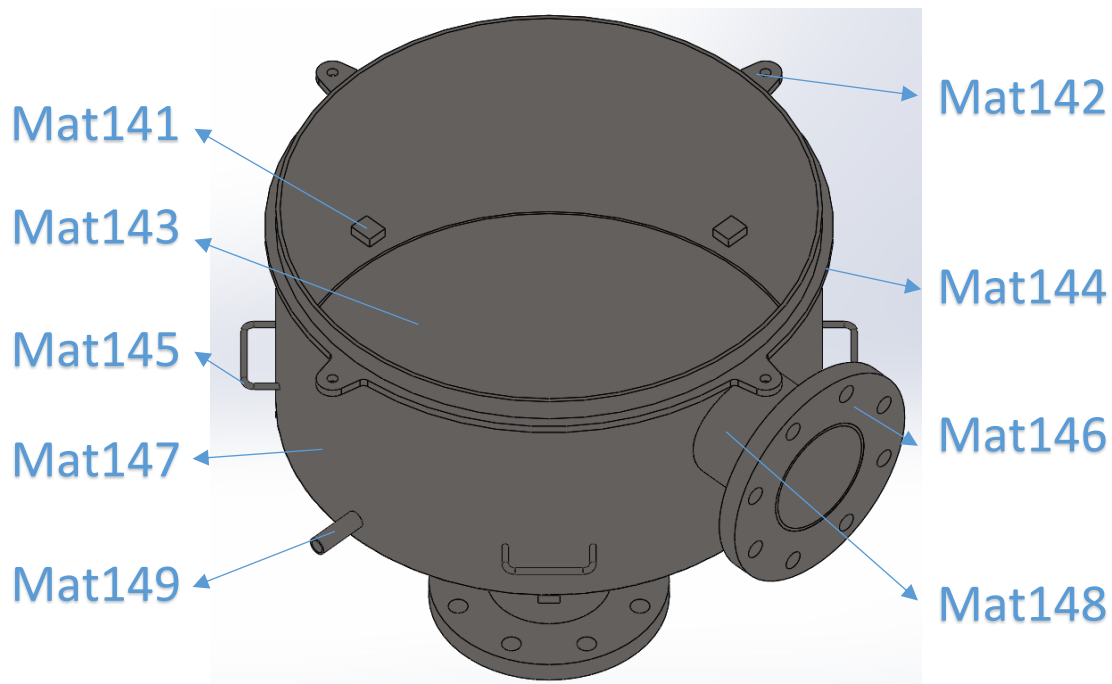


Figura 26 - Parte inferior do gaseificador com alimentação de agente gaseificante

Na Tabela 16 estão descritos os componentes do subconjunto 4.

Tabela 16 - Legenda dos componentes correspondentes ao subconjunto 4

Item	Descrição
Mat141	Empanque 10 x 10 x 5 [mm]
Mat142	Aba de 10 mm de espessura
Mat143	Chapa calandrada cônica de 4 mm de espessura
Mat144	Anel de $\varnothing 510$ mm e 5 mm de espessura
Mat145	Varão com $\varnothing 5$ mm
Mat146	Flange plana DIN 2576 PN10 (ISO) DN100
Mat147	Chapa calandrada de 4 mm de espessura
Mat148	Tubo (ISO) DN100 x 2 [mm]
Mat149	Tubo (ISO) DN25 x 1 [mm]

Na Figura 27 pode observar-se o subconjunto 5, formado por uma flange cega DN100, que tem como função fechar o acesso à zona de combustão, descrita anteriormente no subconjunto 4.

A tampa pode ser desacoplada e removida através da pega localizada no centro da flange.

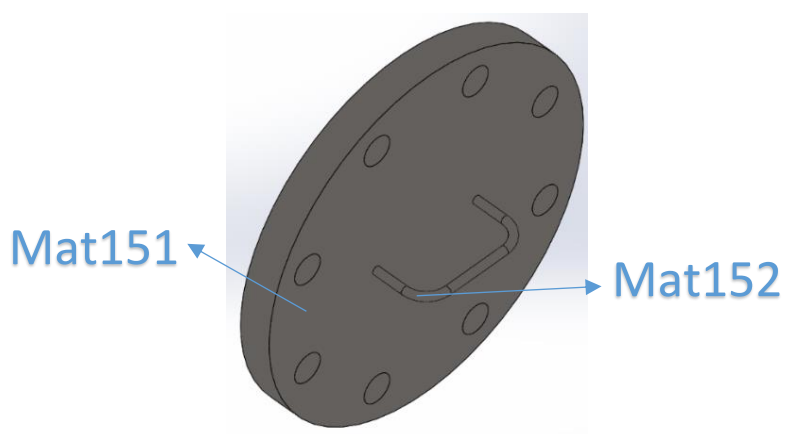


Figura 27 - Tampa de acesso lateral ao gaseificador

Na Tabela 17 estão descritos os componentes constituintes do subconjunto 5.

Tabela 17 - Legenda dos componentes correspondentes ao subconjunto 5

Item	Descrição
Mat151	Flange cega DIN 2527 PN10 (ISO) DN10
Mat152	Varão com $\varnothing 5$ mm

A Figura 28 mostra o subconjunto 6 que representa o suporte do cinzeiro, que está acoplado através de uma ligação flangeada ao subconjunto 4, tal como referido na descrição do mesmo.

Este subconjunto é composto por uma caixa com uma abertura para alocar o cinzeiro, que será descrito de seguida, e por um tubo no topo, por onde são extraídas as cinzas provenientes do processo.

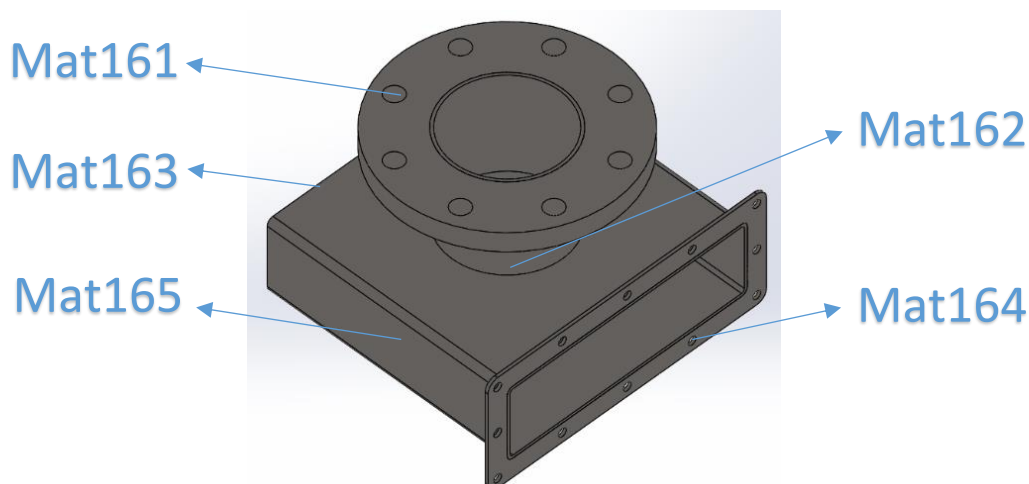


Figura 28 - Suporte do cinzeiro

Na Tabela 18 estão descritos os componentes que constituem o subconjunto 6.

Tabela 18 - Legenda dos componentes correspondentes ao subconjunto 6

Item	Descrição
Mat161	Flange plana DIN 2576 PN10 (ISO) DN100
Mat162	Tubo circular (ISO) DN100 x 2 [mm]

Item	Descrição
Mat163	Chapa quinada de 4 mm de espessura (superior e fundo)
Mat164	Chapa de 4 mm de espessura
Mat165	Chapa quinada (2x) de 4 mm de espessura (laterais e inferior)

A Figura 29 ilustra o subconjunto 7 que representa o cinzeiro, onde são depositadas as cinzas resultantes da combustão de *feedstock*.

É composto por uma caixa aberta no topo para permitir a queda das cinzas no seu interior, e pode ser desacoplado do suporte do cinzeiro através de uma ligação flangeada retangular, e extraído manualmente com a ajuda de uma pega na sua frente.

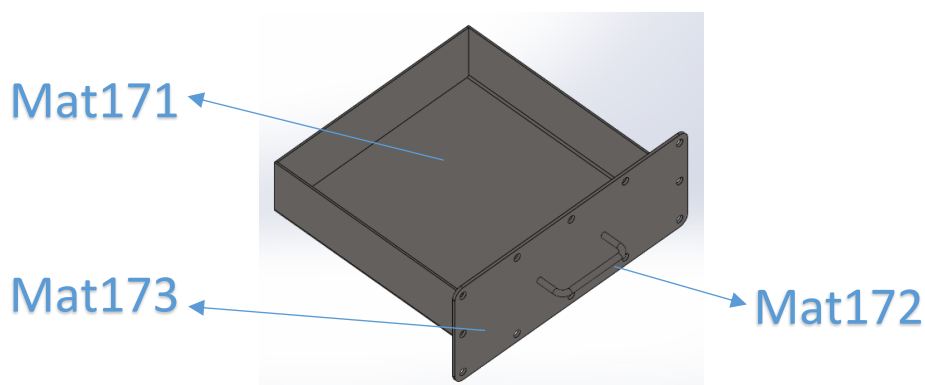


Figura 29 - Cinzeiro

Na Tabela 18 estão descritos os componentes constituintes do subconjunto 7.

Tabela 19 - Legenda dos componentes correspondentes ao subconjunto 7

Item	Descrição
Mat171	Chapa quinada (3x) de 4 mm de espessura
Mat172	Varão com $\varnothing 5$ mm
Mat173	Chapa de 4 mm de espessura

Na Figura 30 pode observar-se a estrutura que suporta todo o gaseificador. O subconjunto é constituído por quatro perfis tubulares unidos por dois anéis nas duas extremidades.

Como o equipamento estará sujeito a temperaturas elevadas, e consequente dilatação térmica, o gaseificador fica apoiado na parte inferior em forma cônica, para permitir o deslizamento do mesmo na altura da dilatação do material sobre o suporte, já que é suposto este estar a uma temperatura inferior ao reator.

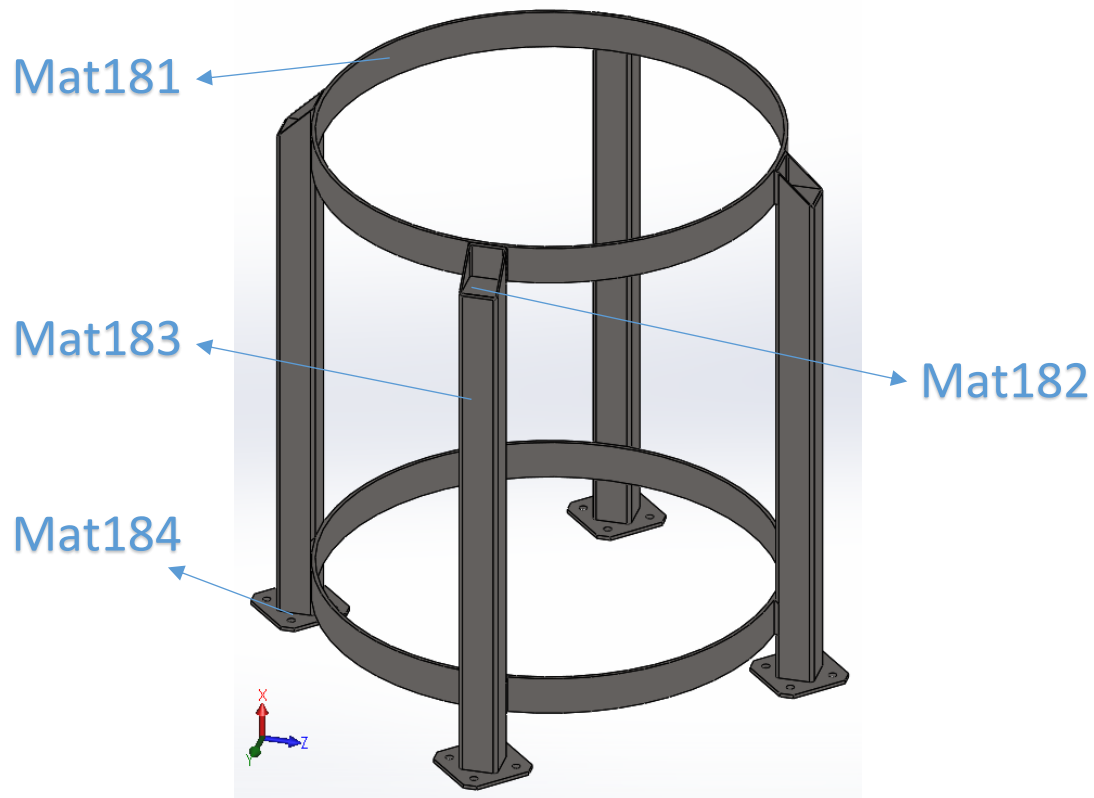


Figura 30 - Estrutura de suporte do gaseificador

Na Tabela 20 estão descritos todos os componentes constituintes do subconjunto 8.

Tabela 20 - Legenda dos componentes correspondentes ao subconjunto 8

Item	Descrição
Mat181	Anel de 4 mm de espessura
Mat182	Chapa de 4 mm de espessura
Mat183	Tubo de secção quadrada de 40x40x2 [mm]
Mat184	Sapata quadrada com chanfros 80 x 80 x 4 [mm]

3.2.3 ESCOLHA DE COMPONENTES COMERCIAIS

Na Figura 31 estão identificados todos os componentes que não serão projetados no presente trabalho. Estes componentes podem ser facilmente encontrados no mercado para complementar a conceção do equipamento. A sua seleção será importante, por forma a que os mesmos cumpram todos os requisitos do equipamento, pois são imprescindíveis para o processo.

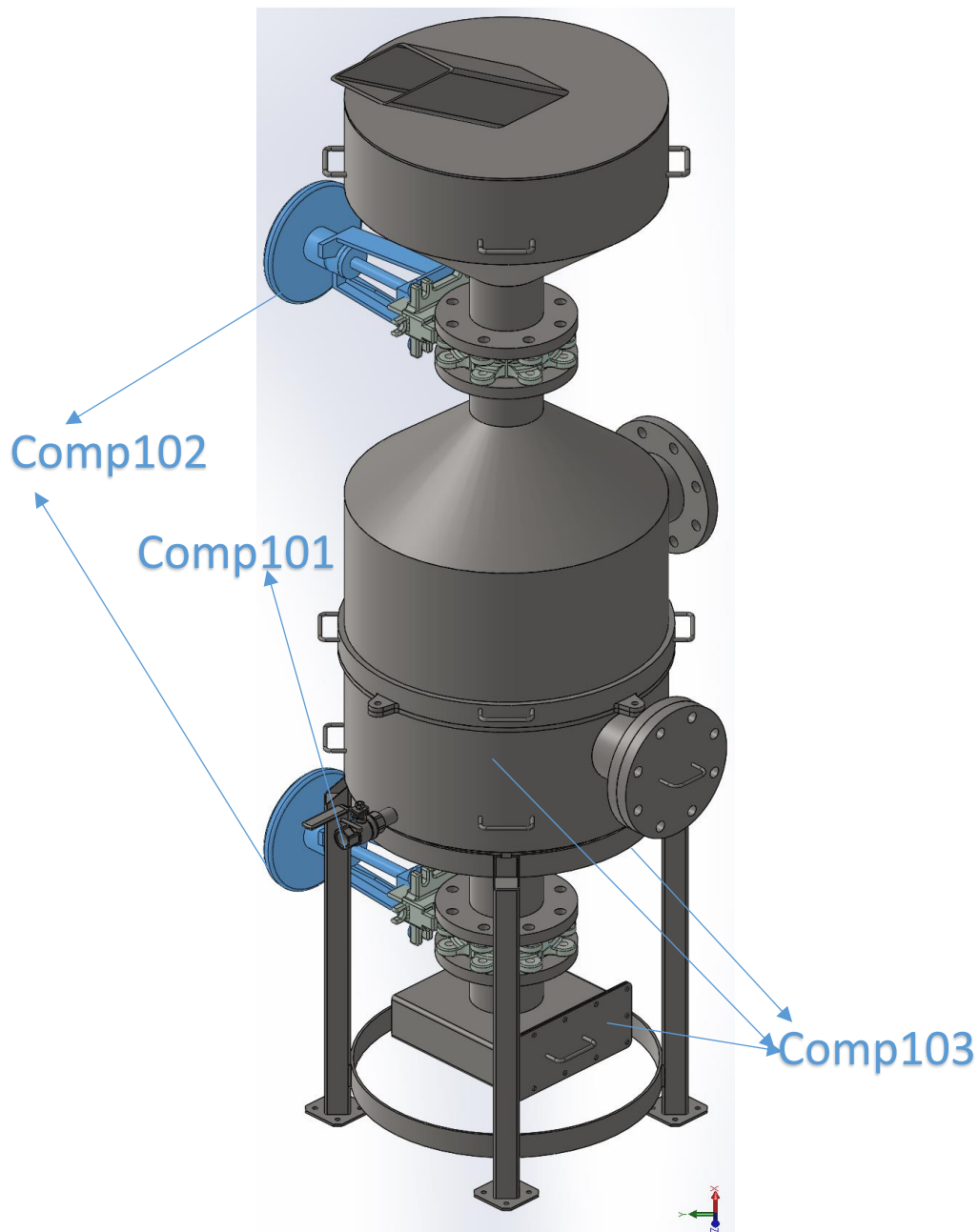


Figura 31 - Identificação dos componentes

Na Tabela 21 estão representados os componentes mais importantes: Comp101, Comp102 e Comp103 que se podem observar na Figura 31, e os restantes componentes que representam parafusos, anilhas e porcas, que não estão assinalados na Figura 31 para simplificar.

Tabela 21 - Legenda dos componentes correspondentes ao sistema

Item	Descrição
Comp101	Válvula de esfera DN25
Comp102	Válvula de guilhotina DN100
Comp103	Cordão de fibra de vidro com 10x5 [mm] de secção
Comp104	Parafuso CHC classe 8,8 M16x140 [mm]
Comp105	Porca hexagonal M16
Comp106	Anilha plana M16
Comp107	Anilha de pressão M16
Comp108	Parafuso CHC classe 8,8 M6x50 [mm]
Comp109	Porca hexagonal M6
Comp1010	Anilha plana M6
Comp1011	Anilha de pressão M6

A Figura 32 mostra a válvula de esfera, com diâmetro normalizado de 25 mm, que tem como função ajustar a entrada de ar para o processo de gaseificação.

Um requisito importante para a seleção deste componente é que o interior da válvula, a esfera, seja construída em aço inoxidável AISI 304 para garantir a adequada resistência à corrosão, pois estará exposta a um ambiente corrosivo.

A operação desta válvula deverá ser realizada manualmente, para o sistema piloto, mas deverá ser considerada a sua substituição por uma válvula com atuação automática quanto o mesmo for integrado num sistema de maior escala.



Figura 32 - Válvula de esfera DN25 (Chagas, 2015)

Na Figura 33 está ilustrada a válvula de guilhotina DN100, para permitir a entrada de *feedstock* no processo, ou isolar o sistema de gaseificação do armazenamento quanto o gaseificador estiver em operação. Este componente será também aplicado ao sistema de remoção de cinzas, permitindo remover as cinzas com o gaseificador em operação. Esta válvula deverá ser concebida com a lâmina em aço inoxidável AISI 304 para garantir a adequada resistência à corrosão, pois estará exposta a um ambiente corrosivo. Pelo mesmo motivo, o material da junta de vedação da válvula deverá ser Viton® (ANEXO 6.2), para garantir a resistência a elevadas temperaturas.

A operação destas válvulas será realizada de forma manual, na fase de implementação do projeto-piloto, mas deverá ser considerada, da mesma forma que a válvula de esfera anteriormente referida, a operação automática das mesmas, quando o gaseificador integrar um sistema completo de geração de energia, com um sistema de automação e controlo.



Figura 33 - Válvula de Guilhotina DN100 (Valcontrol, 2016)

As juntas de vedação do sistema, ilustradas na Figura 34, deverão ser concebidas em fibra de vidro resistente a altas temperatura, para garantir o isolamento do sistema de gaseificação do exterior, e a adequada resistência à corrosão, própria do processo de gaseificação. Estes cordões serão necessários nos pontos de contacto entre os subconjuntos 2 e 4, os subconjuntos 4 e 5, e os subconjuntos 6 e 7, que estão representados na Figura 22.



Figura 34 - Cordão de fibra de vidro resistente a alta temperatura (Frenzelit, 2016)

3.2.4 LISTA DE MATERIAIS DO CONJUNTO

Com o intuito de listar e codificar cada componente do conjunto final, procedeu-se à elaboração da Tabela 22, para reunir as informações de cada um dos materiais constituintes dos respetivos subconjuntos, e por sua vez os subconjuntos e componentes que constituirão o conjunto final.

As informações reunidas de cada item constituinte do equipamento recaem sobre o código de referência, descrição, quantidade, dimensões e material selecionado.

Tabela 22 - Lista de materiais do conjunto

Código	Descrição	Quantidade	Dimensões	Material
Conj100	Gaseificador	1 un.	-	-
Sub110	Bacia de armazenamento	1 un.	-	AISI 304
Sub120	Parte superior do gaseificador	1 un.	-	AISI 310S
Sub130	Grelha de combustão	1 un.	-	AISI 310S
Sub140	Parte inferior do gaseificador	1 un.	-	AISI 310S
Sub150	Tampa de acesso lateral	1 un.	-	AISI 310S
Sub160	Suporte do cinzeiro	1 un.	-	AISI 304

Código	Descrição	Quantidade	Dimensões	Material
Sub170	Cinzeiro	1 un.	-	AISI 304
Sub180	Estrutura de suporte	1 un.	-	AISI 304
Comp101	Válvula de esfera	1 un.	DN 25	AISI 304
Comp102	Válvula de guilhotina	2 un.	DN 100	AISI 304
Comp103	Cordão vedante	2 m	10 x 5 [mm]	FV
Comp104	Parafuso CHC classe 8,8	24 un.	M16 x 140	AISI 304
Comp105	Porca hexagonal	24 un.	M16	AISI 304
Comp106	Anilha plana	48 un.	M16	AISI 304
Comp107	Anilha de pressão	48 un.	M16	AISI 304
Comp108	Parafuso CHC classe 8,8	16 un.	M6 x 50	AISI 304
Comp109	Porca hexagonal	16 un.	M6	AISI 304
Comp1010	Anilha plana	32 un.	M6	AISI 304
Comp1011	Anilha de pressão	32 un.	M6	AISI 304
Mat111	Tubo de secção quadrangular	0,5 m	40 x 40 x 2 [mm]	AISI 304

Código	Descrição	Quantidade	Dimensões	Material
Mat112	Chapa plana	0,5 m ²	4 mm	AISI 304
Mat113	Varão liso	1 m	Ø5 mm	AISI 304
Mat114	Chapa calandrada	1 m ²	4 mm	AISI 304
Mat115	Chapa calandrada cônica	0,5 m ²	4 mm	AISI 304
Mat116	Tubo circular	0,25 m	DN100 x 2 [mm]	AISI 304
Mat117	Flange plana	1 un.	DN100	AISI 304
Mat121	Flange plana	2 un.	DN100	AISI 310S
Mat122	Tubo circular	1 m	DN100 x 2 [mm]	AISI 310S
Mat123	Chapa calandrada cônica	0,5 m ²	4 mm	AISI 310S
Mat124	Chapa calandrada	1,5 m ²	4 mm	AISI 310S
Mat125	Anel (chapa calandrada)	0,25 m ²	4 mm	AISI 310S
Mat126	Aba	4 un.	10 mm	AISI 310S
Mat127	Redução concêntrica	1 un.	DN100-80	AISI 310S
Mat128	Varão liso	1 m	Ø5 mm	AISI 310S

Código	Descrição	Quantidade	Dimensões	Material
Mat131	Barra	5 m	5 x 5 [m]	AISI 310S
Mat132	Anel (chapa calandrada)	0,2 m ²	4 mm	AISI 310S
Mat141	Empanque	8 un.	10 x 10 x 5 [m]	AISI 310S
Mat142	Aba	4 un.	10 mm	AISI 310S
Mat143	Chapa calandrada cônica	0,5 m ²	4 mm	AISI 310S
Mat144	Anel (chapa calandrada)	0,2 m ²	5 mm	AISI 310S
Mat145	Varão liso	1 m	5 mm	AISI 310S
Mat146	Flange plana	2 un.	DN100	AISI 310S
Mat147	Chapa calandrada	1,5 m ²	4 mm	AISI 310S
Mat148	Tubo circular	0,5 m	DN100 x 2 [mm]	AISI 310S
Mat149	Tubo circular	0,3 m	DN25 x 1 [mm]	AISI 310S
Mat151	Flange cega	1 un.	DN10	AISI 310S
Mat152	Varão liso	0,3 m	5 mm	AISI 310S
Mat161	Flange plana	1 un.	DN100	AISI 304

Código	Descrição	Quantidade	Dimensões	Material
Mat162	Tubo circular	0,2 m	DN100 x 2 [mm]	AISI 304
Mat163	Chapa quinada	0,3 m ²	4 mm	AISI 304
Mat164	Chapa perfurada	0,2 m ²	4 mm	AISI 304
Mat165	Chapa quinada (2x)	0,3 m ²	4 mm	AISI 304
Mat171	Chapa quinada (3x)	0,6 m ²	4 mm	AISI 304
Mat172	Varão liso	0,3 m	5 mm	AISI 304
Mat173	Chapa perfurada	0,3 m ²	4 mm	AISI 304
Mat181	Anel (chapa calandrada)	0,4 m ²	4 mm	AISI 304
Mat182	Chapa reforço	0,1 m ²	4 mm	AISI 304
Mat183	Tubo de secção quadrada	3 m	40 x 40 x 2 [mm]	AISI 304
Mat184	Sapata quadrada com chanfro	0,2 m ²	80 x 80 x 4 [mm]	AISI 304

Após a elaboração da Tabela 22, que reúne as informações de todos os componentes do conjunto, procedeu-se à elaboração da árvore do produto, ilustrada na Figura 35, em que são definidos os níveis de conjunto, subconjuntos/componentes, e dos materiais.

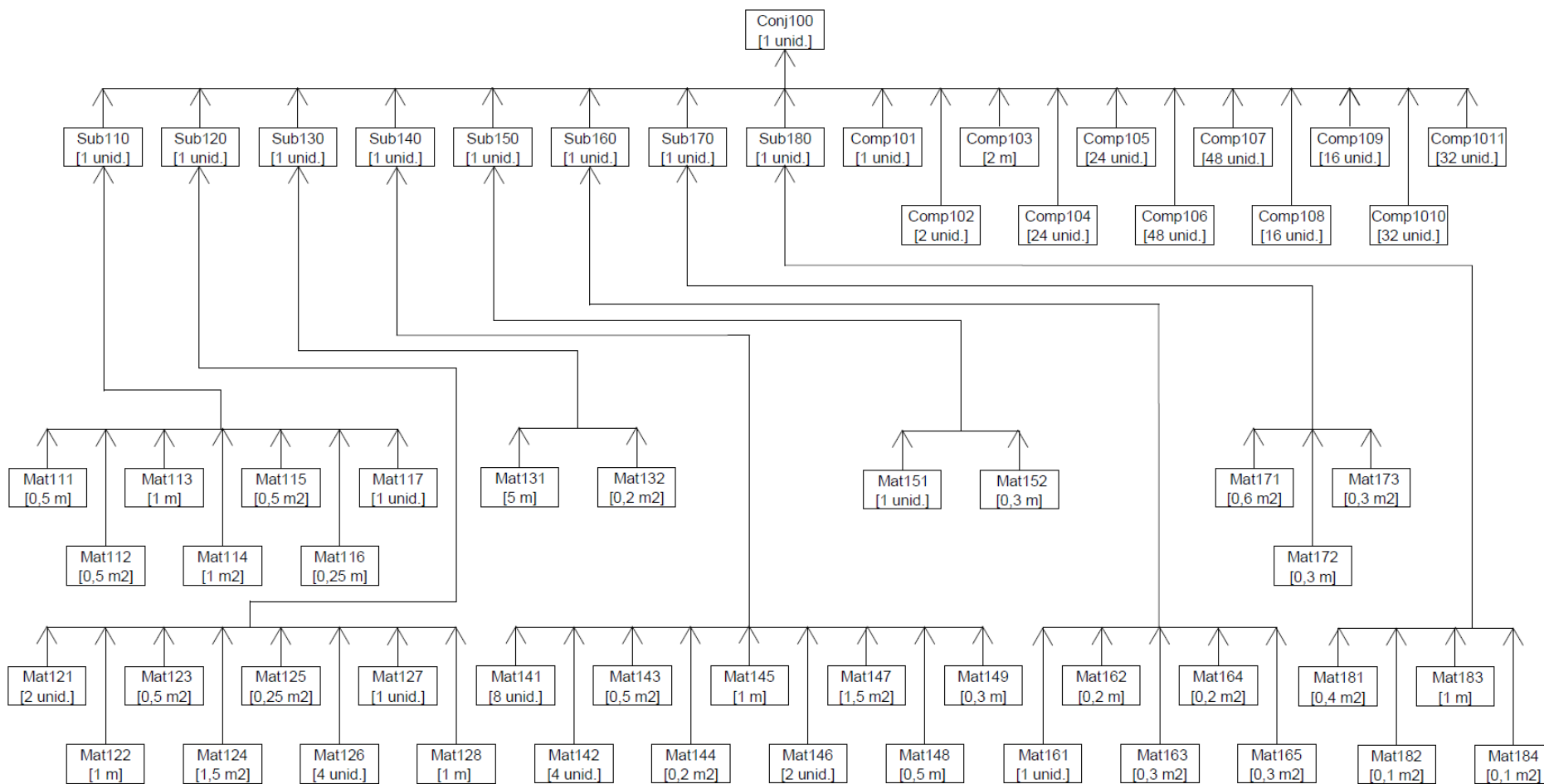


Figura 35 - Árvore do produto relativa ao conjunto final

3.2.5 PROCESSOS DE FABRICO

Após a elaboração da lista de materiais, definiram-se as operações de fabrico de cada componente e os respetivos subconjuntos a que pertencem. Da mesma forma, definiram-se as ferramentas e equipamentos que serão necessários para o fabrico do equipamento.

Na Tabela 23 está representada a sequência de fabrico relativa ao subconjunto 1.

Tabela 23 - Sequência de fabrico do subconjunto 1

Sequência	Item	Operação	Equipamento/Ferramenta
1	Mat111	Corte com serrote em meia esquadria nos dois lados	Serrote de fita
2	Mat111	Escariar bordos	Serralharia (Lima)
3	Mat112	Corte <i>laser</i>	Máquina de corte a <i>laser</i>
4	Mat113	Corte com serrote	Serrote de fita
5	Mat113	Dobragem a 90° nas duas extremidades	Máquina de dobrar arame
6	Mat114	Corte com guilhotina	Guilhotina
7	Mat114	Calandragem	Calandra
8	Mat114	Preparação da junta para soldadura (chanfro e limpeza)	Serralharia
9	Mat114	Soldadura TIG na junta resultante da calandragem	Aparelho de soldar a TIG
10	Mat115	Corte <i>laser</i> (após planificação)	Máquina de corte a <i>laser</i>

Sequência	Item	Operação	Equipamento/Ferramenta
11	Mat115	Calandragem a 38°	Calandra
12	Mat115	Preparação da junta para soldadura (chanfro e limpeza)	Serralharia
13	Mat115	Soldadura TIG na junta resultante da calandragem	Aparelho de soldar a TIG
14	Mat116	Corte com serrote	Serrote de fita
15	Mat116	Escariar bordos	Serralharia (lima)
16	Sub110	Preparar juntas e limpar	Serralharia
17	Sub110	Posicionamento e soldadura TIG do conjunto	Aparelho de soldar a TIG

Na Tabela 24 está representada a sequência de fabrico relativa ao subconjunto 2.

Tabela 24 - Sequência de fabrico do subconjunto 2

Sequência	Item	Operação	Equipamento/Ferramenta
1	Mat122	Corte com serrote	Serrote de fita
2	Mat122	Escariar bordos	Serralharia (lima)
3	Mat123	Corte <i>laser</i> (após planificação)	Corte em máquina <i>laser</i>
4	Mat123	Calandragem a 38°	Calandra
5	Mat123	Preparação da junta para soldadura (chanfro e limpeza)	Serralharia

Sequência	Item	Operação	Equipamento/Ferramenta
6	Mat123	Soldadura TIG na junta resultante da calandragem	Aparelho de soldar a TIG
7	Mat124	Corte com guilhotina	Guilhotina
8	Mat124	Calandragem	Calandra
9	Mat124	Preparação da junta para soldadura (chanfro e limpeza)	Serralharia
10	Mat124	Soldadura TIG na junta resultante da calandragem	Aparelho de soldar a TIG
11	Mat125	Corte com disco	Serra de disco
12	Mat125	Calandragem	Calandra
13	Mat125	Preparação da junta para soldadura (chanfro e limpeza)	Serralharia
14	Mat125	Soldadura TIG na junta resultante da calandragem	Aparelho de soldar a TIG
15	Mat126	Corte <i>laser</i>	Aparelho de corte a <i>laser</i>
16	Mat128	Corte com serrote	Serrote de disco
17	Mat128	Dobragem a 90° nas duas extremidades	Máquina de dobrar arame
18	Sub120	Preparação das juntas e limpeza	Serralharia
19	Sub120	Posicionamento e soldadura TIG do conjunto	Aparelho de soldar a TIG

Na Tabela 25 está representada a sequência de fabrico relativa ao subconjunto 3.

Tabela 25 - Sequência de fabrico do subconjunto 3

Sequência	Item	Operação	Equipamento/Ferramenta
1	Mat131	Corte com serrote	Serrote de fita
2	Mat131	Escariar bordos	Serralharia (lima)
3	Mat132	Corte com disco	Serra de disco
4	Mat132	Calandragem	Calandra
5	Mat132	Preparação da junta para soldadura (chanfro e limpeza)	Serralharia
6	Mat132	Soldadura TIG na junta resultante da calandragem	Aparelho de soldar a TIG
7	Sub130	Preparação das juntas e limpeza	Serralharia
8	Sub130	Posicionamento e soldadura TIG do conjunto	Aparelho de soldar a TIG

Na Tabela 26 está representada a sequência de fabrico relativa ao subconjunto 4.

Tabela 26 - Sequência de fabrico do subconjunto 4

Sequência	Item	Operação	Equipamento/Ferramenta
1	Mat141	Corte com serrote	Serrote de fita
2	Mat141	Escariar bordos	Serralharia (lima)

Sequência	Item	Operação	Equipamento/Ferramenta
3	Mat142	Corte <i>laser</i>	Aparelho de corte a <i>laser</i>
4	Mat143	Corte <i>laser</i> (após planificação)	Aparelho de corte a <i>laser</i>
5	Mat143	Calandragem a 38°	Calandra
6	Mat143	Preparação da junta para soldadura (chanfro e limpeza)	Serralharia
7	Mat143	Soldadura TIG na junta resultante da calandragem	Aparelho de soldar a TIG
8	Mat144	Corte com disco	Serra de disco
9	Mat144	Calandragem	Calandra
10	Mat144	Preparação da junta para soldadura (chanfro e limpeza)	Serralharia
11	Mat144	Soldadura TIG na junta resultante da calandragem	Aparelho de soldar a TIG
12	Mat145	Corte com serrote	Serrote de fita
13	Mat145	Dobragem a 90° nas duas extremidades	Máquina de dobrar arame
14	Mat147	Corte com guilhotina	Guilhotina
15	Mat147	Calandragem	Calandra
16	Mat147	Preparação da junta para soldadura (chanfro e limpeza)	Serralharia

Sequência	Item	Operação	Equipamento/Ferramenta
17	Mat147	Soldadura TIG na junta resultante da calandragem	Aparelho de soldar a TIG
18	Mat148	Corte com serrote	Serrote de fita
19	Mat148	Escariar bordos	Serralharia (lima)
20	Mat149	Corte com serrote	Serrote de fita
21	Mat149	Escariar bordos	Serralharia (lima)
22	Sub130	Preparação das juntas e limpeza	Serralharia
23	Sub130	Posicionamento e soldadura TIG do conjunto	Aparelho de soldar a TIG

Na Tabela 27 está representada a sequência de fabrico relativa ao subconjunto 5.

Tabela 27 - Sequência de fabrico do subconjunto 5

Sequência	Item	Operação	Equipamento/Ferramenta
1	Mat152	Corte com serrote	Serrote de fita
2	Mat152	Dobragem a 90° nas duas extremidades	Máquina de dobrar arame
3	Sub150	Preparação das juntas e limpeza	Serralharia
4	Sub150	Posicionamento e soldadura TIG do conjunto	Aparelho de soldar a TIG

Na Tabela 28 está representada a sequência de fabrico relativa ao subconjunto 6.

Tabela 28 - Sequência de fabrico do subconjunto 6

Sequência	Item	Operação	Equipamento/Ferramenta
1	Mat162	Corte com serrote	Serrote de fita
2	Mat162	Escariar bordos	Serralharia (lima)
3	Mat163	Corte <i>laser</i> (após planificação)	Aparelho de corte a <i>laser</i>
4	Mat163	Quinagem em 2 lados	Quinadora
5	Mat164	Corte <i>laser</i>	Aparelho de corte a <i>laser</i>
6	Mat165	Corte <i>laser</i>	Aparelho de corte a <i>laser</i>
7	Mat165	Quinagem	Quinadora
8	Sub 160	Preparação das juntas e limpeza	Serralharia
9	Sub 160	Posicionamento e soldadura TIG do conjunto	Aparelho de soldar a TIG

Na Tabela 29 está representada a sequencia de fabrico relativa ao subconjunto 7.

Tabela 29 - Sequência de fabrico do subconjunto 7

Sequência	Item	Operação	Equipamento/Ferramenta
1	Mat171	Corte <i>laser</i> (após planificação)	Aparelho de corte a <i>laser</i>
2	Mat171	Quinagem em 3 lados	Quinadora
3	Mat172	Corte com serrote	Serrote de fita

Sequência	Item	Operação	Equipamento/Ferramenta
4	Mat172	Dobragem a 90° nas duas extremidades	Máquina de dobrar arame
5	Mat173	Corte <i>laser</i>	Aparelho de corte a <i>laser</i>
6	Sub170	Preparação das juntas e limpeza	Serralharia
7	Sub170	Posicionamento e soldadura TIG do conjunto	Aparelho de soldar a TIG

Na Tabela 30 está representada a sequência de fabrico relativa ao subconjunto 8.

Tabela 30 - Sequência de fabrico do subconjunto 8

Sequência	Item	Operação	Equipamento/Ferramenta
1	Mat181	Corte com disco	Serra de disco
2	Mat181	Calandragem	Calandra
3	Mat181	Preparação da junta para soldadura (chanfro e limpeza)	Serralharia
4	Mat181	Soldadura TIG na junta resultante da calandragem	Aparelho de soldar a TIG
5	Mat182	Corte <i>laser</i>	Aparelho de corte a <i>laser</i>
6	Mat183	Corte com serrote em meia esquadria	Serrote de fita
7	Mat183	Corte com serrote	Serrote de fita
8	Mat183	Escariar bordos	Serralharia (lima)

Sequência	Item	Operação	Equipamento/Ferramenta
9	Mat184	Corte <i>laser</i>	Aparelho de corte a <i>laser</i>
10	Sub180	Preparação das juntas e limpeza	Serralharia
11	Sub180	Posicionamento e soldadura TIG do conjunto	Aparelho de soldar a TIG

Após se definirem os processos de fabrico de cada subconjunto elaborou-se uma lista de materiais, imprescindível para a assemblagem do conjunto final.

A Tabela 31 mostra a lista de materiais necessários para a assemblagem.

Tabela 31 - Lista de materiais para a montagem final

Item	Quantidade	Material	Norma/Especificação
Sub110	1 un.	AISI 304	-
Sub120	1 un.	AISI 310S	-
Sub130	1 un.	AISI 310S	-
Sub140	1 un.	AISI 310S	-
Sub150	1 un.	AISI 310S	-
Sub160	1 un.	AISI 304	-
Sub170	1 un.	AISI 304	-
Sub180	1 un.	AISI 304	-
Comp101	1 un.	AISI 304	-
Comp102	2 un.	AISI 304	-
Comp103	2 m	Fibra de vidro	-
Comp104	24 un.	AISI 304	DIN 912

Item	Quantidade	Material	Norma/Especificação
Comp105	24 un	AISI 304	DIN 934
Comp106	48 un	AISI 304	DIN 125
Comp107	48 un	AISI 304	DIN 127
Comp108	16 un	AISI 304	DIN 912
Comp109	16 un	AISI 304	DIN 934
Comp1010	32 un	AISI 304	DIN 125
Comp1011	16 un	AISI 304	DIN 127

O esquema de montagem pode ser verificado no ANEXO 6.3, no desenho do CONJ110.

3.2.6 DIMENSIONAMENTO – ANÁLISE DE ELEMENTOS FINITOS

Com o intuito de validar os pressupostos anteriores, relativos à seleção de materiais e ao desenho, recorreu-se, com o auxílio do *software* SolidWorks®, ao método de elementos finitos, que consistiu numa análise térmica do reator, e numa análise estrutural estática da estrutura do gaseificador.

1) Análise térmica do reator:

Para melhorar a análise numérica, simplificou-se o desenho, eliminando todos os componentes irrelevantes para esta análise, assim como alguns detalhes que provocariam variações de geometria complexas, obtendo-se como desenho final apenas o reator, como se pode observar na Figura 36.

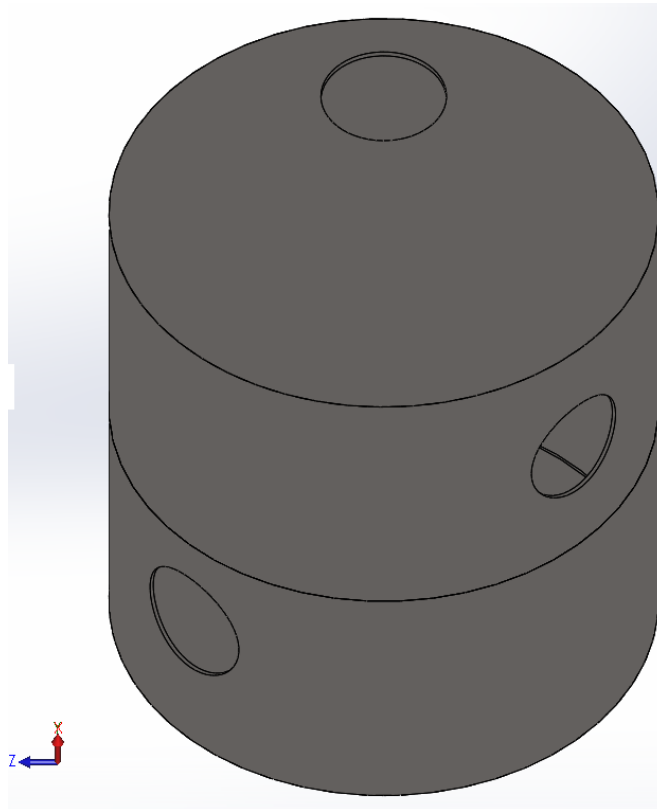


Figura 36 - Desenho simplificado do reator

De seguida criou-se uma nova peça, substituindo a grelha de combustão, com o intuito de simular uma chama relativa à combustão do resíduo. Esse componente pode ser observado na Figura 37, em que as faces a azul representam uma simplificação da chama, onde posteriormente serão aplicados carregamentos térmicos.

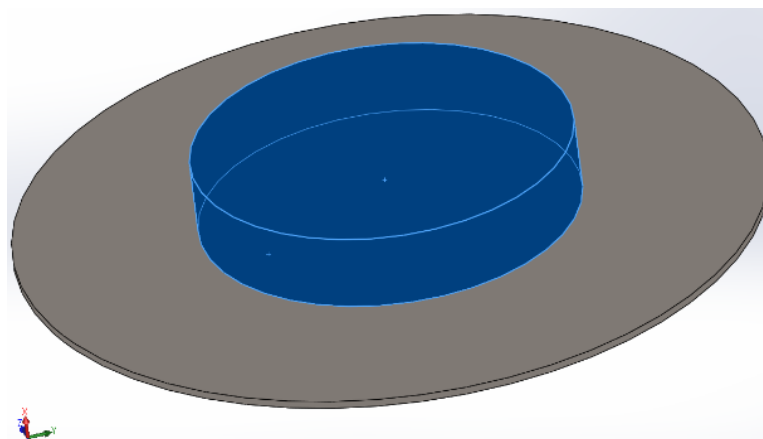


Figura 37 - Simplificação da grelha com chama

Posteriormente definiu-se o tipo de estudo a realizar, sendo neste ponto, como anteriormente referido, uma análise térmica.

De seguida definiu-se o material a utilizar na simulação, selecionando-se o aço inoxidável AISI 321, que tem características similares aos AISI 310 S, por ser o único disponível na base de dados do SolidWorks® dos presentes nos cinco materiais finais considerados na seleção de materiais.

O contacto que se definiu entre os componentes foi o contacto global “*bonded*”, que simula que os componentes estão soldados, de forma a simplificar a simulação, à exceção da grelha, como se pode verificar em cor verde na Figura 38.

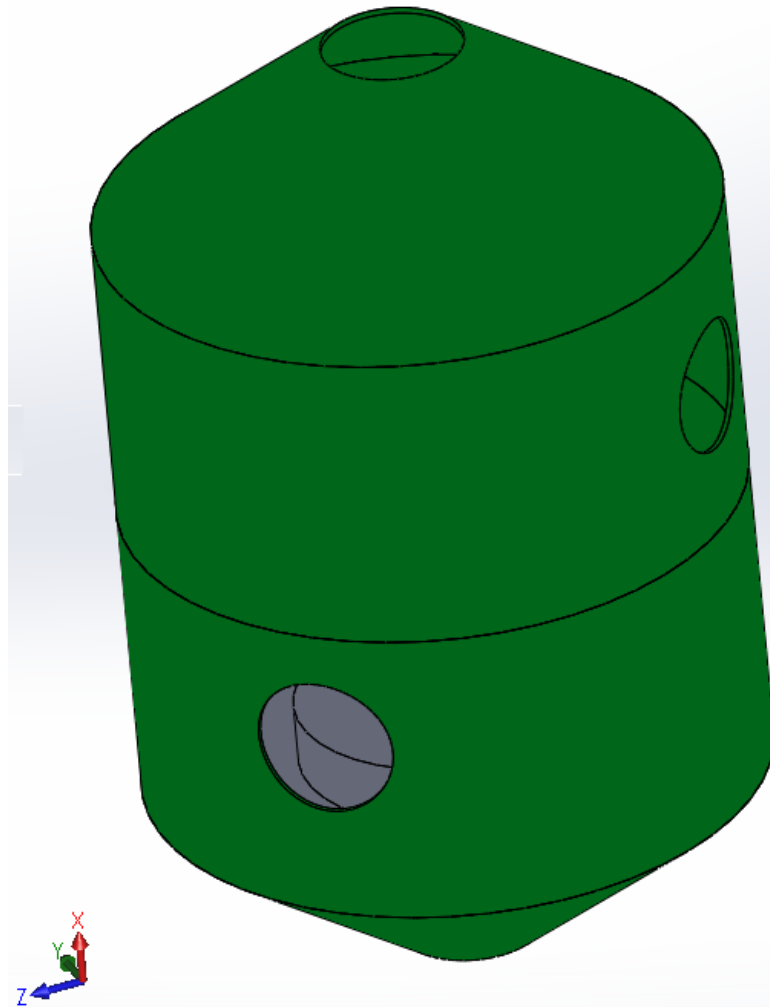


Figura 38 - Contacto global “*bonded*”

O contacto entre a grelha e os outros componentes do reator foi definido como “*insulated*” para não permitir trocas de calor por condução, pois da forma em que o projeto está concebido, a grelha está apoiada em 4 pontos do reator, podendo desprezar-se a condução térmica nestes pontos. Os contactos definidos podem ser observados na Figura 39, na parte assinalada a verde.

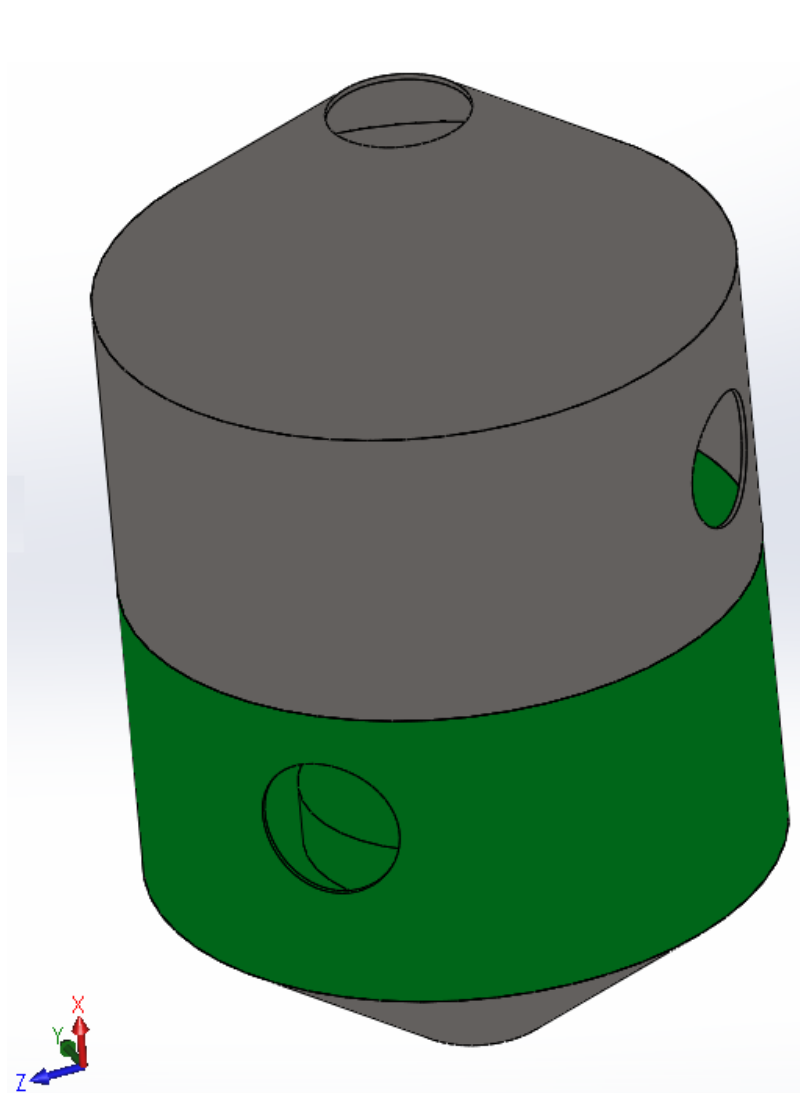


Figura 39 - Contacto "insulated"

O próximo passo foi estabelecer os carregamentos térmicos que englobam as trocas de energia por radiação entre os componentes e com o meio circundante, assim como a convecção dentro do sistema e do ar ambiente.

Primeiramente atribuiu-se carregamento de temperatura da chama a 1300°C, como se verifica na Figura 40.

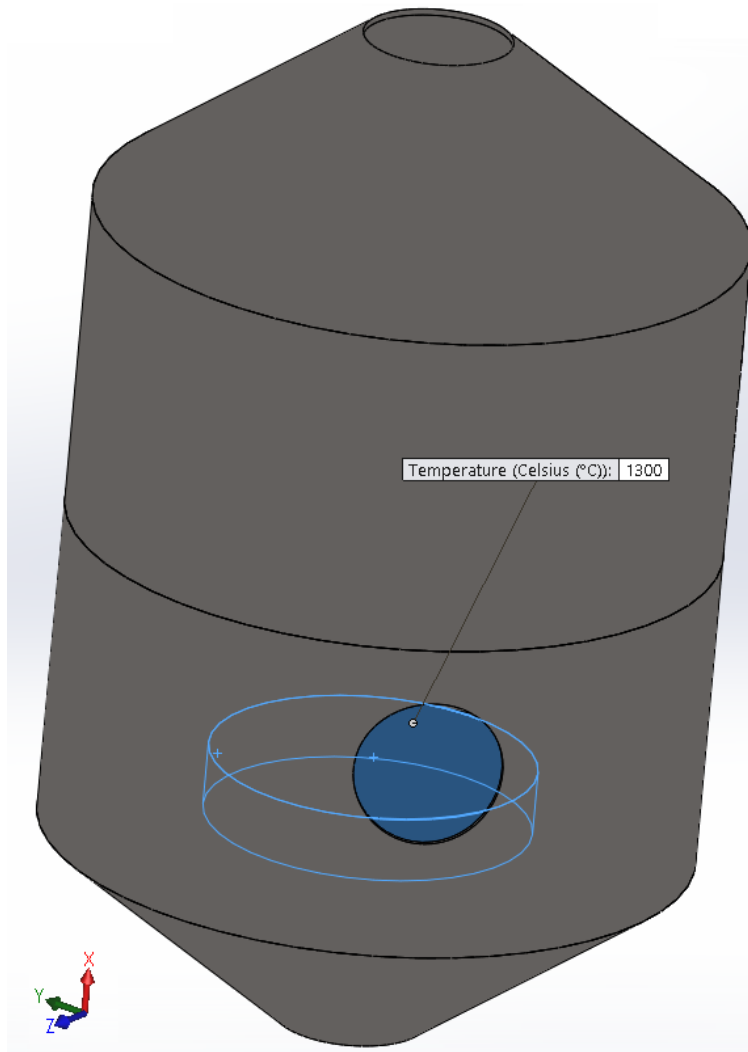


Figura 40 - Restrição de temperatura

A Figura 41 ilustra a radiação transmitida entre superfícies do sistema, definindo-se uma emissividade para a chama de resíduos de aproximadamente 0,7 W. Bizzo. (2009).

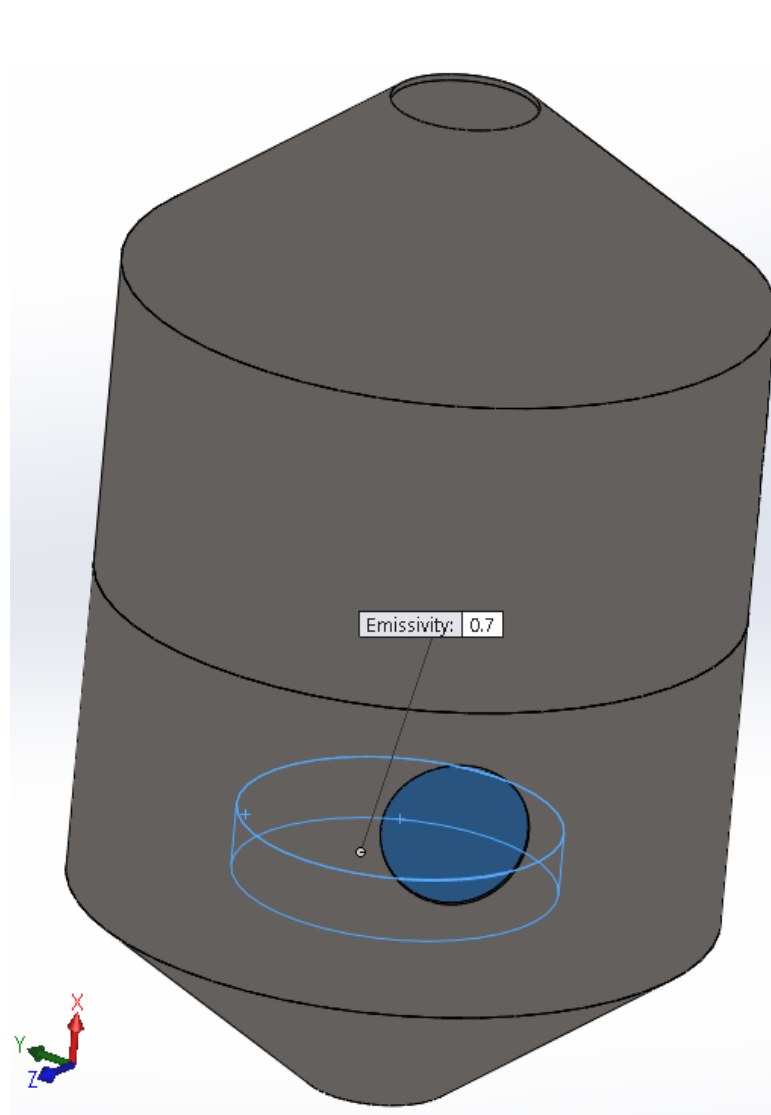


Figura 41 - Radiação emitida pela chama para as superfícies

Nas paredes interiores do reator aplicaram-se as condições de troca de energia por radiação com as outras superfícies do sistema, com uma emissividade de 0,17 (Lavirtual, 2016) relativamente ao aço inoxidável com superfície polida, como se verifica na Figura 42.

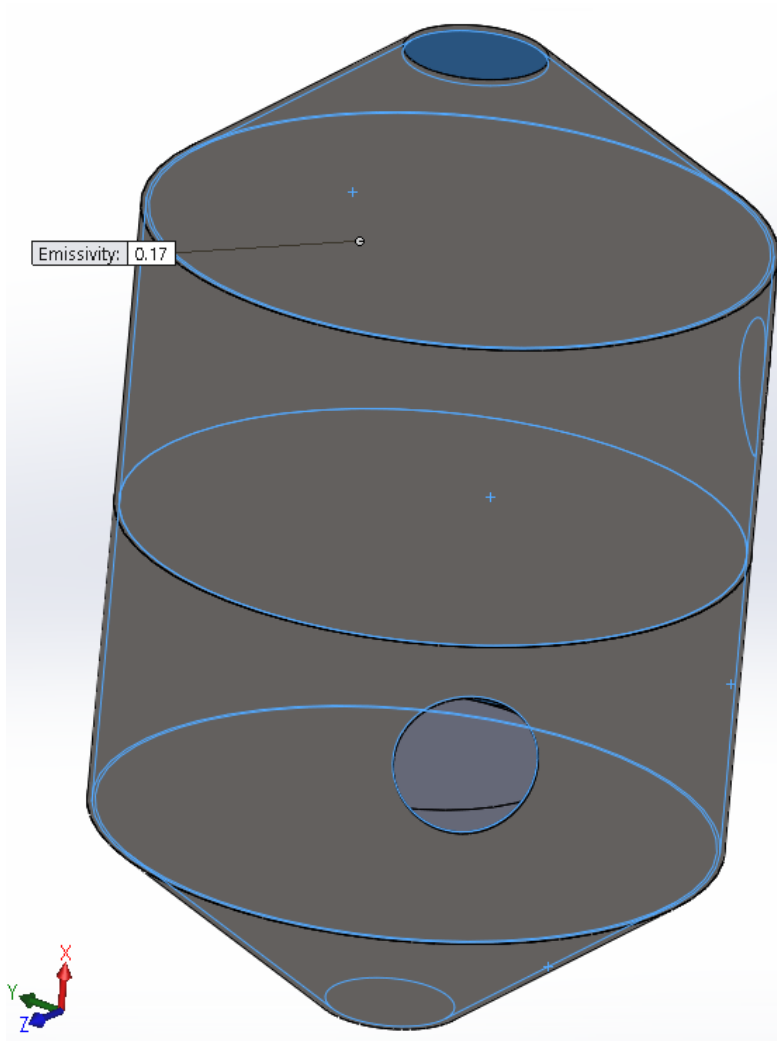


Figura 42 - Radiação emitida pelas paredes internas do gaseificador para as superfícies

A Figura 43 ilustra as trocas de radiação das paredes externas do gaseificador para as superfícies do meio ambiente, em que a temperatura de 27°C reflete a temperatura média num meio fabril, 0,17 a emissividade do aço inoxidável com a superfície polida.

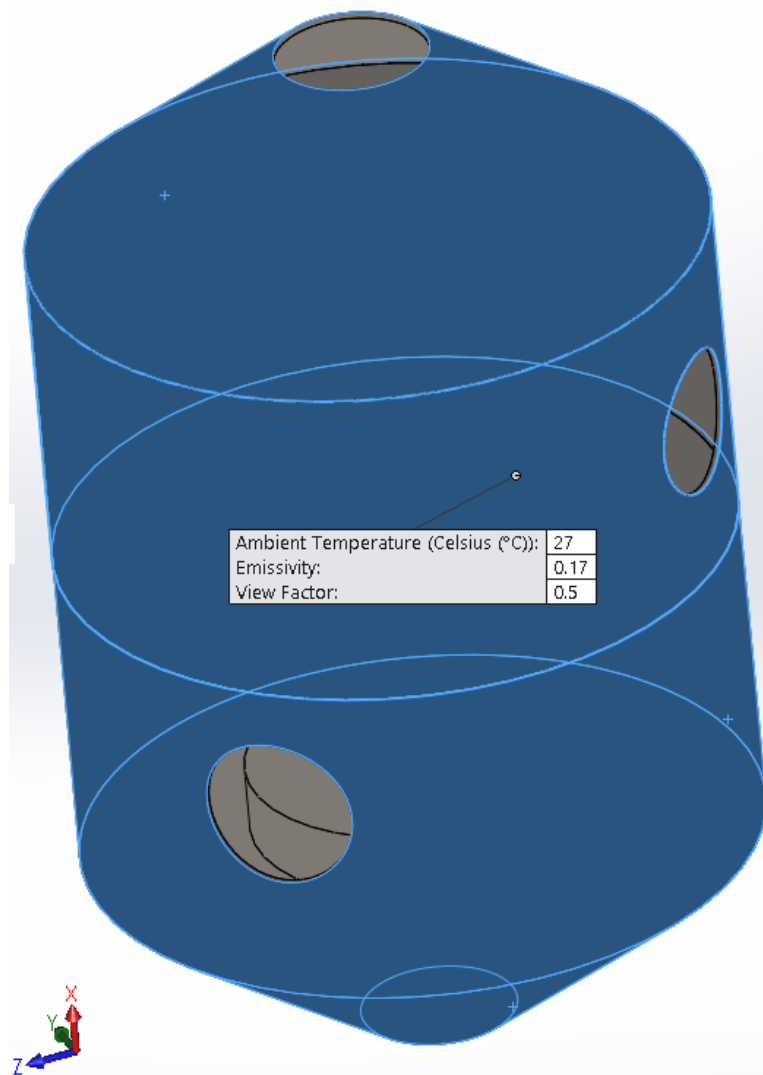


Figura 43 - Radiação emitida para o meio circundante

O carregamento que se segue diz respeito às trocas de calor por convecção forçada entre os componentes no interior do sistema e o gás produzido no processo de gaseificação. Como se pode observar na Figura 44, seleccionou-se o coeficiente de convecção típico para gás de $12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ (Lavirtual, 2016) e uma temperatura do interior do sistema de 1573 K , equivalente a 1300°C relativa à temperatura da chama do resíduo, como anteriormente referido.

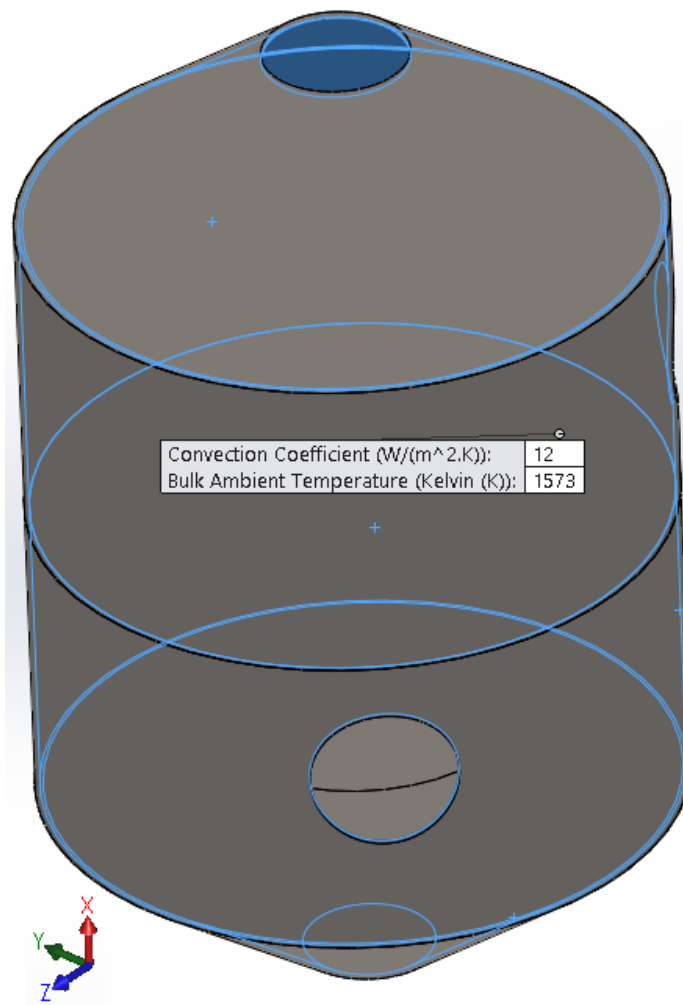


Figura 44 - Convecção forçada no interior do sistema

Por fim, definiu-se um carregamento para simular a troca de calor por convecção natural, entre as superfícies exteriores do gaseificador e o ar ambiente. Como se pode verificar na Figura 45, selecionou-se a temperatura ambiente relativa ao meio fabril, em 300 K equivalentes a 27°C e o coeficiente de convecção natural do ar de 30 W/(m²·K) (Lavirtual, 2016).

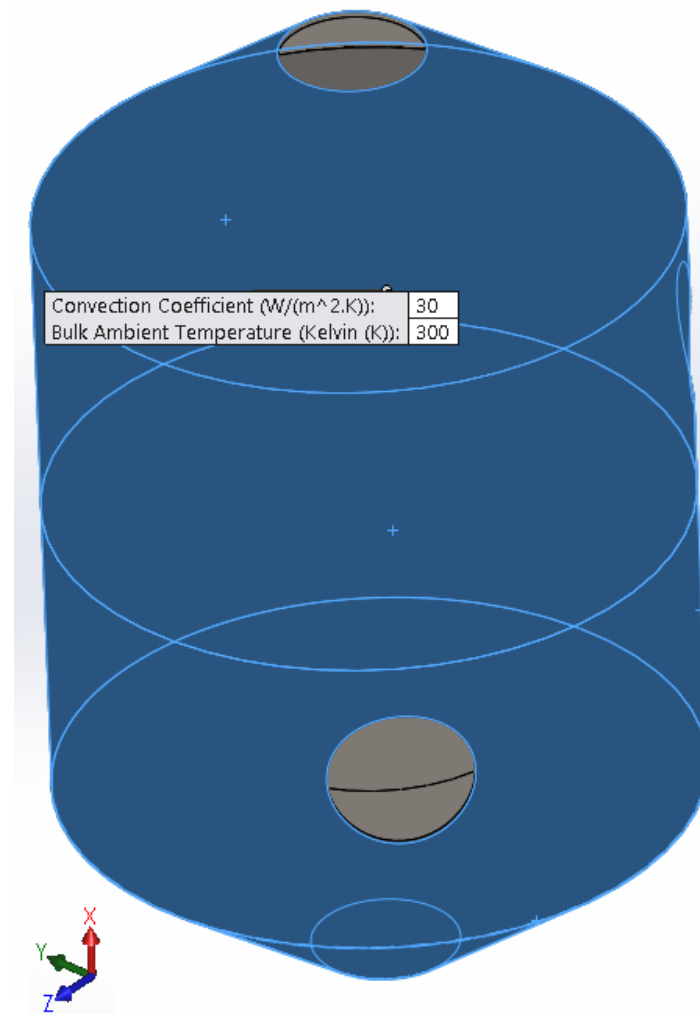


Figura 45 - Convecção natural com o ar do meio ambiente

Posteriormente procedeu-se à criação da malha *mesh*, baseada na curvatura e com refinamento médio, considerado suficiente para a aplicação, como se pode observar na Figura 46.

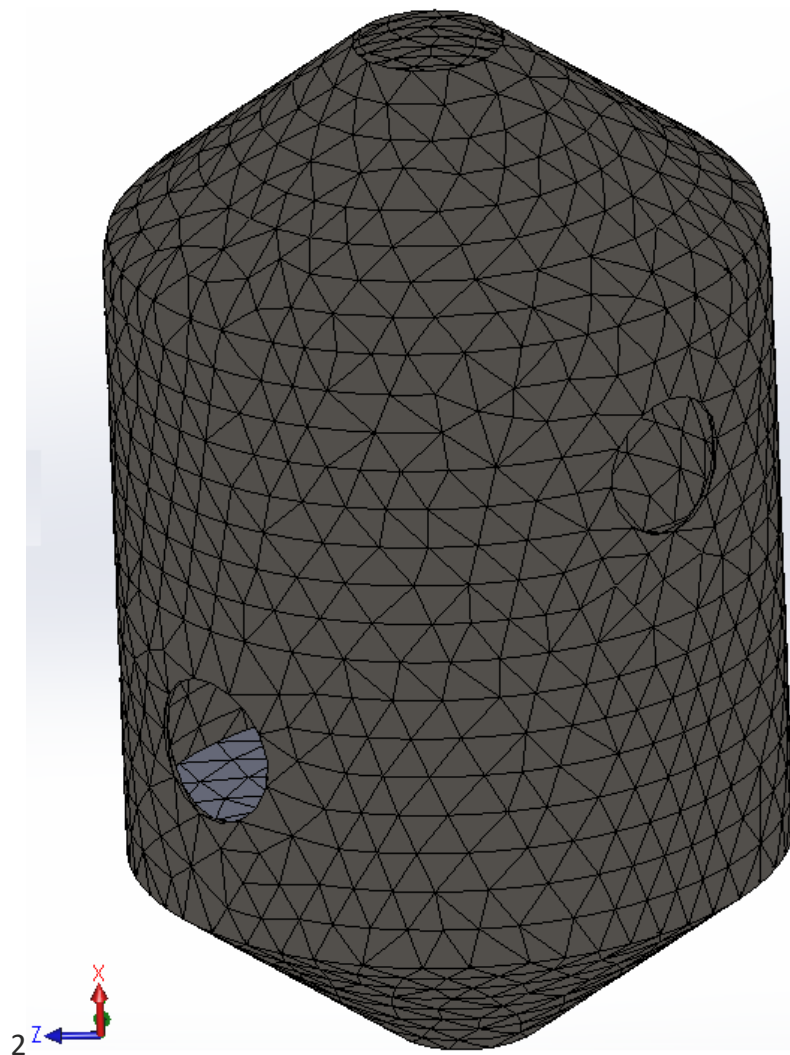


Figura 46 - Malha considerada para o reator

Na Tabela 32 estão registados os valores dos parâmetros definidos na malha (*mesh*).

Tabela 32 - Parâmetros da malha *mesh* do reator

Parâmetro	Valor
Dimensão máxima por elemento	37,58 mm
Dimensão mínima por elemento	37,58 mm
Número mínimo de elementos por círculo	8
Rácio de crescimento do elemento	1,5

Uma vez definidas as condições fronteira, procedeu-se à simulação, cujos resultados se podem observar na Figura 47.

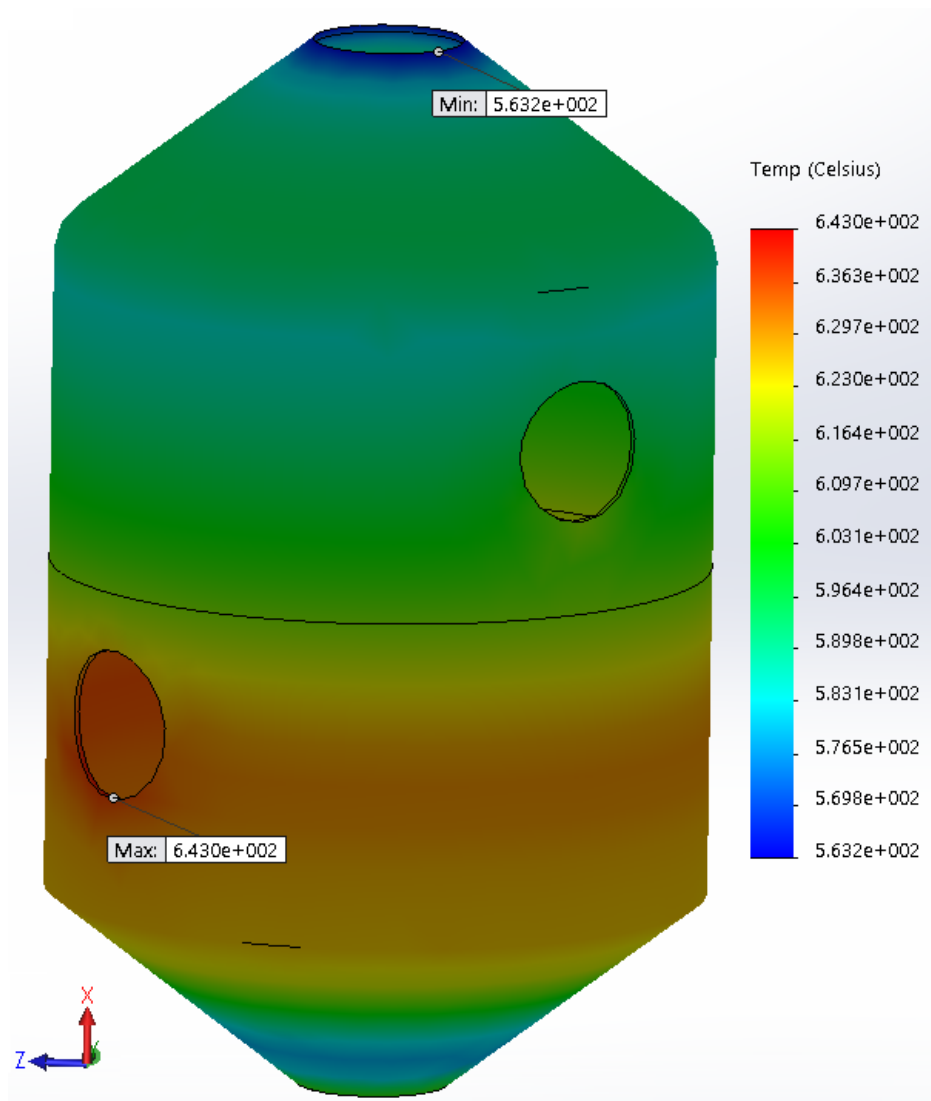


Figura 47 - Simulação da análise térmica do reator

O valor máximo de temperatura atingido na simulação foi de 643°C. Sendo que a temperatura máxima de serviço do material selecionado, AISI 310S, é de 1150°C, pode-se então considerar uma margem de segurança confortável para a operação.

2) Análise estrutural estática da estrutura:

De forma análoga ao que se concretizou com a análise anterior, simplificou-se o desenho de forma a obter-se apenas os elementos estruturais, considerados relevantes para esta análise.

Posteriormente, definiu-se o tipo de estudo a realizar, sendo uma análise estática.

De seguida, definiu-se o material a utilizar na simulação, seleccionando-se o aço inoxidável AISI 304, pois é o aço seleccionado à partida para o fabrico da estrutura.

Da mesma forma, o contacto definido entre os componentes foi o contacto *bonded*, em que simula que os componentes estão soldados, de forma a simplificar a simulação.

O próximo passo foi estabelecer as restrições, na base inferior das vigas, e o carregamento de 2452,5 N, equivalentes a 250 kg, na face superior do aro.

De seguida procedeu-se à criação da malha *mesh*, baseada na curvatura, como se pode observar na Figura 48.

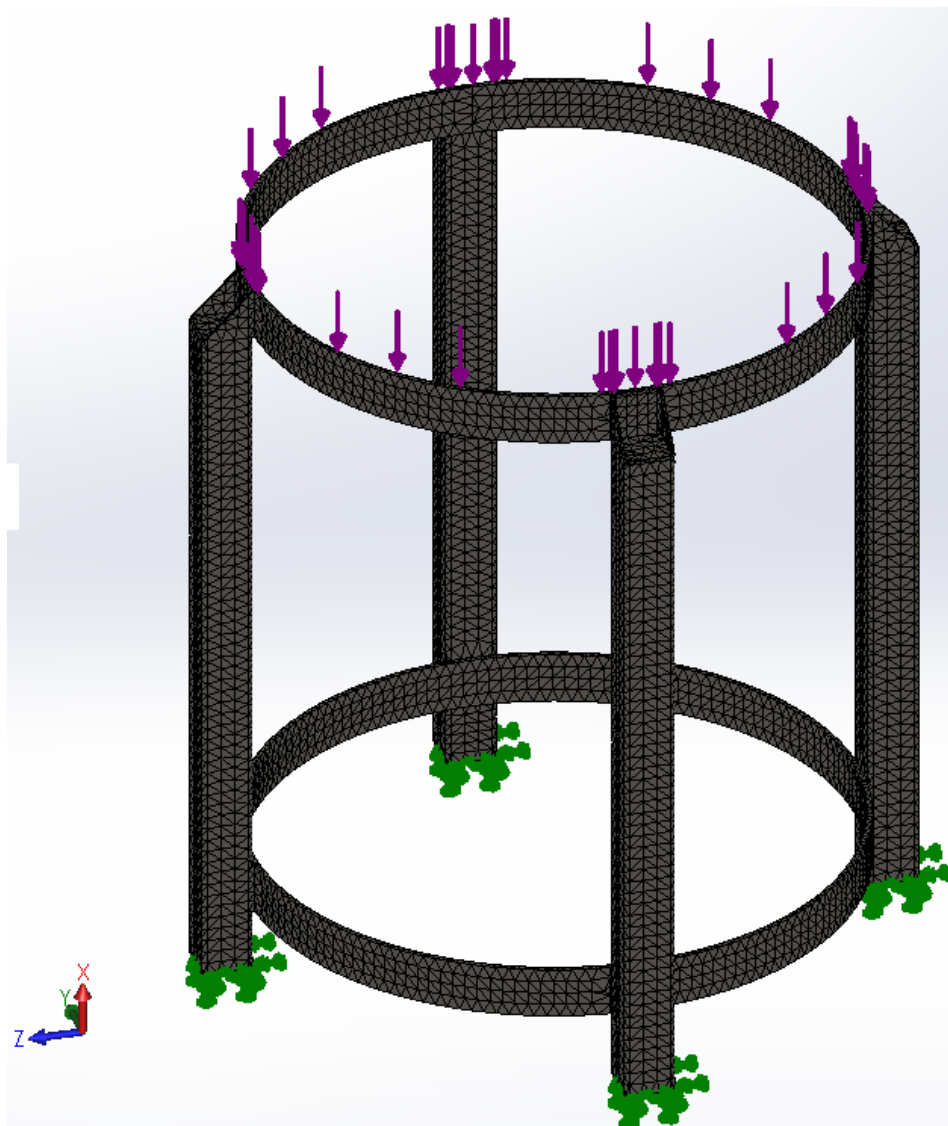


Figura 48 – Estrutura simplificada com as restrições, carregamentos e malha *mesh*

Na Tabela 33 estão registados os valores dos parâmetros definidos para a malha.

Tabela 33 - Parâmetros da malha da estrutura

Parâmetro	Valor
Dimensão máxima por elemento	39,28 mm
Dimensão mínima por elemento	7,86 mm
Número mínimo de elementos por círculo	8
Rácio de crescimento do elemento	1,6

Uma vez definidas as condições fronteira procedeu-se à simulação. A tensão equivalente de von Mises está representada na Figura 49.

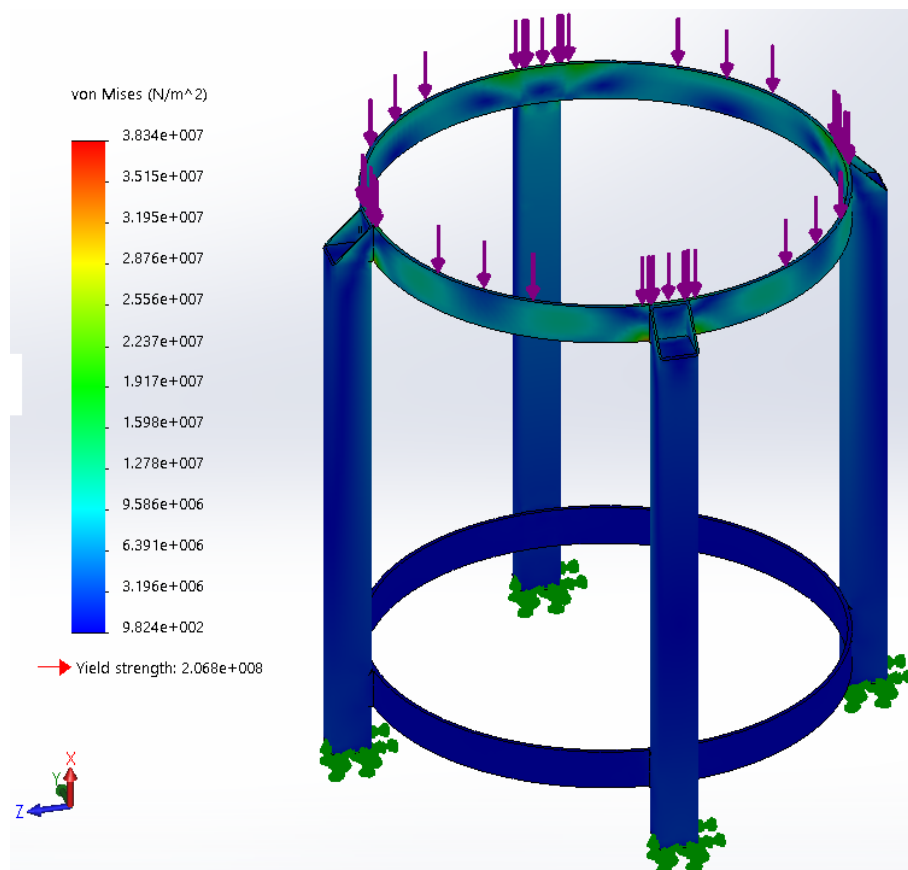


Figura 49 - Simulação da análise estrutural estática da estrutura

A tensão máxima de von Mises registada foi de 38 MPa. Sendo que a tensão máxima admissível do aço AISI 304 é de aproximadamente 206 MPa, o coeficiente de segurança obtido foi de 5,4 e a deformação máxima registada foi de 0,1 mm.

Pode-se concluir que estrutura está sobredimensionada, mas como o perfil selecionado de 40 x 40 x 2 [mm] já é relativamente baixo, não se reduziu o perfil.

3.2.7 ISOLAMENTO TÉRMICO

Com o objetivo de reduzir a dissipação do calor gerado no processo de gaseificação, será colocado um revestimento interno com uma fibra cerâmica composta por alumina (ANEXO 6.2). Com este procedimento o material constituinte do reator, AISI 310S, não será tão afetado pelo calor, podendo assim atingir-se temperaturas de operação mais elevadas.

Para o efeito, recorreu-se ao cálculo de condução térmica para a colocação de alumina no interior do gaseificador, nas zonas mais afetadas pelas elevadas temperaturas. O material selecionado está ilustrado na Figura 50.



Figura 50 - Alumina (COF, 2017)

A temperatura identificada com a análise térmica através do método de elementos finitos nas paredes interiores do gaseificador foi de 640°C, e o objetivo é reduzir a temperatura para 60°C nas paredes externas do gaseificador, com o intuito de garantir a segurança do operador. As características térmicas do material estão assinaladas na Tabela 34.

Tabela 34 - Características térmicas da alumina (Accuratus, 2016)

Alumina Al₂O₃ 94% (óxido de alumínio)	
Condutividade térmica	18 W/(m·K)
Coeficiente de expansão térmica	8,1 µm/K
Calor específico	880 J/(kg·K)

Através da equação (2) (Labvirtual, 2016), calculou-se a espessura de isolamento térmico de alumina necessário, sendo que a potência calorífica gerada pelo processo de gaseificação será aproximadamente 280 kW, e a área da face interna do gaseificador será de aproximadamente 1,12 m².

$$q = \frac{k}{e} * A * (T_1 - T_2) \quad (2)$$

$$280000 = \frac{18}{e} * 1,12 * (640 - 60) \Leftrightarrow e = 0,042 \text{ m} = 42 \text{ mm}$$

- q - Potência calorífica [W];
- k - Coeficiente de condutividade térmica [W/(m·K)];
- A - Área da superfície interior [m²];
- T₁ - Temperatura na face interior [°C];
- T₂ - Temperatura na face exterior [°C];
- e - Espessura do isolamento de alumina [m].

Após o cálculo, obteve-se um valor de 42 mm de espessura para a camada de alumina, de forma a cumprir as condições de temperatura anteriormente impostas.

Pode-se observar o esquema de colocação do isolamento térmico na Figura 51.

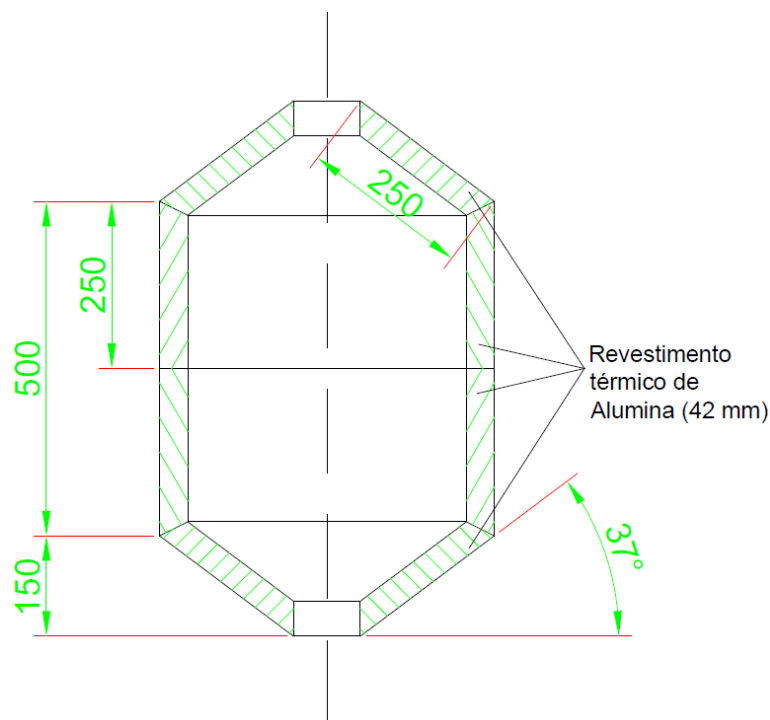


Figura 51 - Esquema para o isolamento térmico

3.2.8 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO E INTEGRAÇÃO DO EQUIPAMENTO

Para se entender melhor o funcionamento do gaseificador a ser concebido, foi elaborado através do *software* Draft Sight® um esquema de princípio de funcionamento do equipamento, como se pode observar na Figura 52.

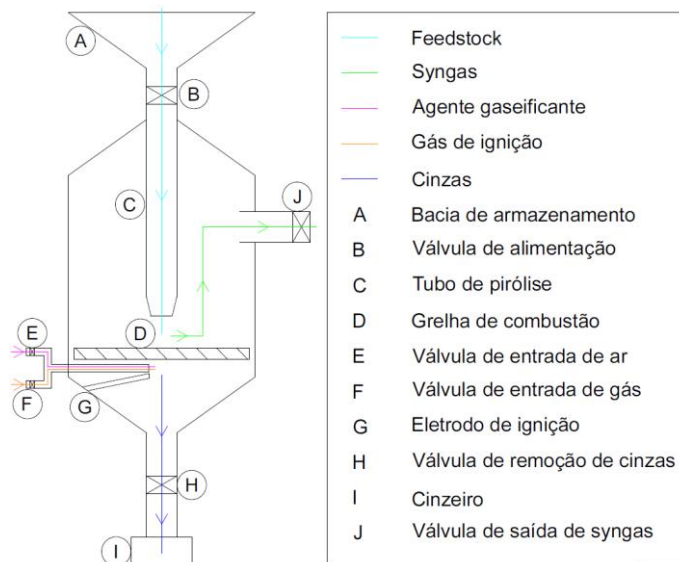


Figura 52 - Esquema de princípio de funcionamento do gaseificador

Alguns quantidades de *feedstock* pode ficar armazenada na **bacia de armazenamento (A)**, e a alimentação do mesmo pode ser controlada pela **válvula de alimentação (B)**, e entrar no **tubo de pirólise (C)** para o interior do reator.

O agente gaseificante (ar) que tem de alimentar a combustão que ocorre na **grelha de combustão (D)**, entra pela **válvula de entrada de ar (E)** simultaneamente com o gás de ignição (por exemplo gás propano, que será utilizado apenas para iniciar a combustão, desligando-se de seguida), o qual entra pela **válvula de entrada de gás (F)**, iniciando a combustão com o auxílio de uma faísca produzida pelo **elétrodo (G)**.

As cinzas produzidas caem para baixo da grelha e podem ser removidas através da abertura da **válvula de saída das cinzas (H)** para o **cinzeiro (I)**.

O *syngas* produzido durante o processo de gaseificação e pirólise sobe e sai pela **válvula de saída de syngas (J)**, podendo a partir deste ponto ser valorizado energeticamente como está explicado no parágrafo seguinte.

A forma de se valorizar energeticamente o *syngas* passa pela sua queima e aproveitamento de calor proveniente da mesma. Para o efeito, pode-se integrar um ciclo combinado de Rankine, que aproveita a energia térmica para produzir energia elétrica e reaproveitar o calor residual para alguma necessidade energética do próprio sistema, como está ilustrado na Figura 53 no esquema elaborado com o *software* Draft Sight®.

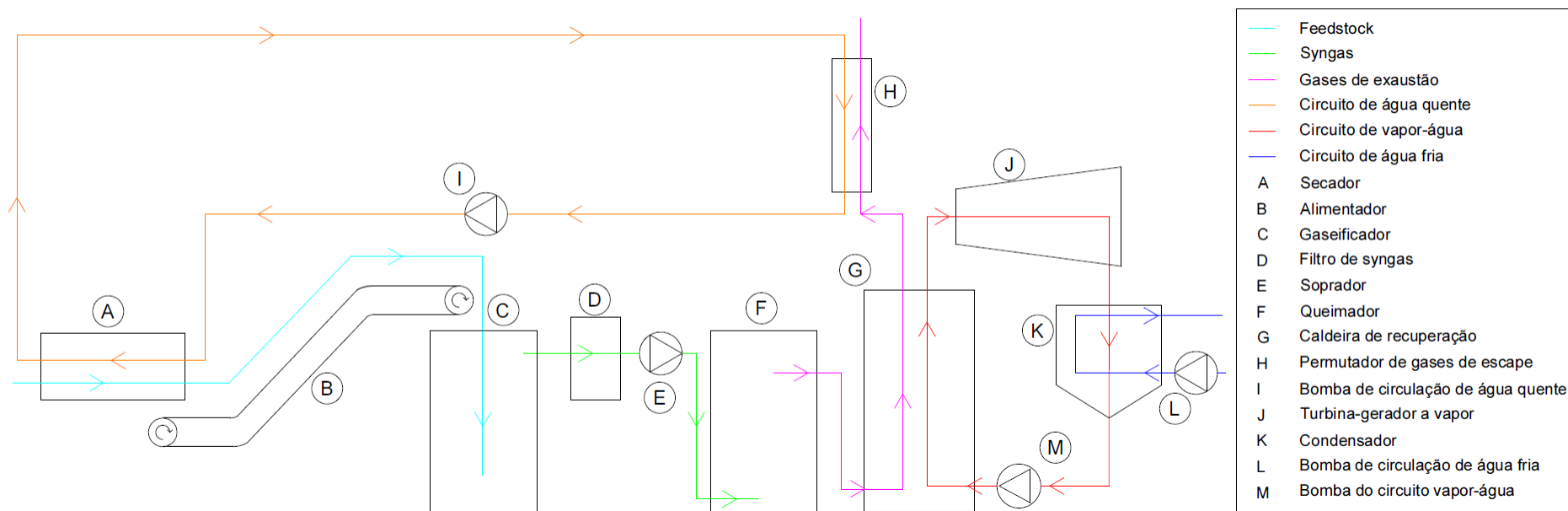


Figura 53 - Esquema de integração do ciclo combinado de Rankine

O *feedstock* passa pelo processo de secagem, no **secador (A)**, com o intuito de otimizar o processo e depois passa pelo **alimentador (B)** que pode controlar a alimentação no **gaseificador (C)**, onde será produzido o *syngas*.

O *syngas* sai do gaseificador e vai para o **filtro de syngas (D)**, onde contaminantes como alcatrões e voláteis são removidos. De seguida, passa pelo **soprador (E)**, que é responsável por puxar o *syngas* pelo sistema de gaseificação e injetá-lo no **queimador (F)**, com a pressão e velocidade adequada, onde o mesmo é queimado para a produção de calor.

Os gases de exaustão produzidos no queimador são encaminhados para a **caldeira de recuperação (G)**, que servirá para aquecer um circuito de água integrante do ciclo combinado de Rankine, e depois seguem para um permutador onde o calor residual é reaproveitado no **permutador de gases de escape (H)**, com o intuito de aproveitar esse calor para o próprio processo.

O permutador de gases de escape tem o objetivo de trocar o calor dos gases de escape que provêm da caldeira de recuperação para um circuito de água que, sendo circulada pela **bomba de circulação de água quente (I)**, servirá para fornecer calor ao secador para que o mesmo cumpra a função de secagem dos resíduos antes de serem introduzidos no sistema. A água é aquecida na caldeira de recuperação e é transformada em vapor, que se expande na **turbina-gerador a vapor (J)**, que por sua vez produz energia elétrica que será injetada na rede elétrica. Conseqüentemente, o vapor sai da turbina a baixa pressão e temperatura e passa no **condensador (K)** onde o vapor é transformado em água, devido ao circuito de água fria que é circulada através da **bomba de circulação de água fria (L)**. O circuito de vapor-água circula continuamente com o auxílio da **bomba do circuito de vapor-água (M)**. A fonte fria utilizada no condensador deverá ser idealmente um lago ou um rio do ambiente circundante, caso exista. Em caso contrário, deverá recorrer-se à utilização de ventiladores ou uma torre de arrefecimento.

3.2.9 ORÇAMENTAÇÃO DO EQUIPAMENTO

Para validar a viabilidade da construção do protótipo, realizou-se um *procurement* com o objetivo de se obter orçamentos (ANEXO 6.4) para as rubricas seguintes:

1) Metalomecânica:

Pediu-se orçamento para a construção dos subconjuntos, assinalados na Figura 22, Sub120, Sub130, Sub140 e Sub150 em aço inoxidável refratário AISI 310S e para os subconjuntos Sub110, Sub160, Sub170 e Sub180 em aço inoxidável AISI 304;

2) Válvulas:

Pediu-se orçamento para o fornecimento de 2 válvulas de guilhotina DN100, com a lâmina em aço inoxidável AISI 304, corpo em ferro fundido e junta vedante em Viton®. Solicitou-se também orçamento para uma válvula de esfera em AISI 304;

3) Elementos de ligação:

Pediu-se orçamento para fornecimento dos parafusos, anilhas planas, anilhas de pressão e porcas aço inoxidável AISI 304;

4) Cordão de fibra de vidro:

Pediu-se orçamento para o fornecimento de cordão de fibra de vidro resistente a elevadas temperaturas;

5) Revestimento térmico interior de alumina:

Pediu-se orçamento para fornecimento de revestimento térmico de alumina para o interior do gaseificador;

6) Assemblagem realizada internamente:

Orçamentou-se internamente, com recursos da ENC Energy, a assemblagem do conjunto, estimando-se a necessidade de recorrer a 2 técnicos durante 2 horas para realizar o trabalho. Não há necessidade de recorrer a soldaduras nem cortes, pois os subconjuntos produzidos pela metalomecânica já incluem todos esses trabalhos;

Na Tabela 35 estão registados os melhores orçamentos, que se podem observar no ANEXO 6.4, recebidos para as rubricas referidas, assim como o respetivo total de custos para a construção do protótipo do gaseificador.

Tabela 35 - Orçamentos

Rubrica	Preço
1	2245,95 €
2	316,84 €
3	59,91 €
4	12,35 €
5	650,00 €
6	84,00 €
Total	3369,05 €

CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES INICIAIS

4.2 DESAFIOS E CONCLUSÕES FINAIS DO PROJETO

4.3 CONSIDERAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

4 CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES INICIAIS

Em resposta aos objetivos propostos inicialmente, após a realização do projeto e considerando todas as dificuldades encontradas durante a sua elaboração, foi possível chegar às seguintes conclusões:

- O gaseificador foi concebido para operar com vários tipos de resíduo, como biomassa, carvão e principalmente CDR. Este último foi o tipo de resíduo mais tido em conta na pesquisa bibliográfica, pois será o *feedstock* mais provável que venha a ser usado no gaseificador projetado. Este fator foi determinante, pois um dos objetivos deste estudo, na sua globalidade, é reduzir a deposição nos aterros sanitários sendo, na atualidade, o destino mais provável para este tipo de resíduo;
- Realizou-se um projeto-piloto de um gaseificador de pequena escala, para possibilitar a operação de amostras de resíduo como função de teste e estudo do produto da gaseificação, *syngas*. Além disso, a pequena escala permite também, com um investimento relativamente baixo, estudar o processo de gaseificação e afinar o projeto do gaseificador, com o objetivo de possibilitar o aumento progressivo de escala para projetos futuros;
- O gaseificador foi concebido para suportar temperaturas de serviço na ordem dos 1150°C, devida à sua construção integral em aço inoxidável refratário AISI 310S. Para reforçar a resistência a estas temperaturas, considerou-se também um revestimento térmico interior com alumina (material refratário), que pode confortavelmente operar nas temperaturas de serviço pretendidas;
- Devido ao revestimento térmico interior, e após os cálculos de condutividade térmica, verificou-se que com uma espessura de 42 mm de isolamento de alumina, se obtém os 60°C de temperatura na superfície exterior do gaseificador, sendo esta considerada uma temperatura segura para o operador da máquina;
- Devido ao jogo de válvulas considerados no projeto, verifica-se que é possível controlar e ajustar a alimentação de *feedstock*, entrada de agente gaseificante e ainda remover as cinzas provenientes da combustão do CDR, sem haver a necessidade de interromper o processo de gaseificação, podendo assim o equipamento trabalhar num regime contínuo;

- A simplicidade do desenho foi um fator tido em consideração para possibilitar uma fácil e prática desmontagem do equipamento em várias partes, nomeadamente oito subconjuntos, para que fosse possível, e relativamente simples, aceder ao seu interior para uma eventual limpeza, ou para a mobilização do próprio equipamento. Isto é perfeitamente possível devido às dimensões relativamente pequenas do equipamento;
- A simplicidade do desenho foi também preponderante para a viabilidade económica da construção de um protótipo. Sempre que possível optou-se por componentes normalizados e de pequenas dimensões, como tubagens, flanges, chapas finas e válvulas, para que se reduzisse os custos de produção do equipamento. Contudo, como alguns dos requisitos do projeto o exigem, é necessária uma considerável resistência à corrosão, resistência mecânica e a temperaturas elevadas de serviço. Por esse motivo, o material selecionado para a construção do reator foi o aço inoxidável refratário AISI 310S, o que pode ter um peso considerável na análise orçamental do projeto, pois este não é um material de uso corrente. Os componentes do gaseificador que não estão em contacto direto com o processo, como a bacia de alimentação, cinzeiro e estrutura, podem ser construídos em aço inoxidável AISI 304, que é de uso mais corrente e por isso, mais económico.

4.2 DESAFIOS E CONCLUSÕES FINAIS DO PROJETO

Durante a realização deste trabalho foram aparecendo alguns desafios que foram sendo ultrapassados com maior ou menor dificuldade, mas que acima de tudo fizeram o autor sair da sua zona de conforto e procurar as soluções adequadas:

- A pouca informação sobre o tema Gaseificação em livros e em artigos, fez com que tivesse de recorrer na maior parte das vezes, para a pesquisa bibliográfica, a *sites* de empresas relacionadas com o setor, que, por vezes, não tinham a informação detalhada sobre a tecnologia e o processo;
- O segredo da construção de um gaseificador está na geometria do seu reator, o que determina qual a tecnologia de reator que se está a utilizar, e foi muito difícil chegar a bom porto nas decisões durante a elaboração do desenho no interior do reator, pois os tecnólogos existentes não mostram a construção em detalhe, apenas alguns esquemas;
- As elevadas temperaturas de serviço, ciclos térmicos, e ambiente corrosivo foram barreiras complicadas de se ultrapassar no processo de seleção de materiais, pois teve de se ter em conta também o custo. Para isso, tentou-se ao máximo ponderar bem como fazer a escolha acertada;

- A possibilidade de utilizar um isolamento térmico convencional exterior foi inviabilizada pelas elevadas espessuras requeridas, pois teria a função de reduzir a temperatura de 640°C para 60°C, o que é uma variação de temperatura muito acentuada. A escolha feita, isolamento interior de alumina, apesar de ser mais difícil de instalar, uma vez que é no interior do reator, apresenta uma solução mais eficaz, pois além de ser um material com baixa condutividade, também suporta a radiação presente no interior do gaseificador, por ser refratário, sendo uma solução muito utilizada em fornos industriais;
- A capacidade do reator de 50 kg, com o armazenamento, garante que o equipamento possa gaseificar uma amostra significativa de *feedstock*, e com isso ter dados suficientes para a aquisição das melhores conclusões após análises. O objetivo é que o equipamento consiga processar 50 kg por hora, em que, considerando 80% de rendimento do gaseificador, equivale a aproximadamente 280 kW de potência calorífica, considerando uma análise média a equipamentos de escala e tecnologia o mais próxima possível da apresentada neste projeto. Estes dados foram estimados através do cálculo de escala em comparação com o gaseificador da Organics, que opera 1 tonelada de resíduo por hora e gera cerca de 5,6 MW de potência calorífica, considerando os mesmos 80 % de rendimento térmico do gaseificador. Com a disparidade e censura de informação nas plataformas dos tecnólogos da gaseificação, assim como inconstância das características dos resíduos, é muito difícil acertar uma estimativa de rendimento e produção energética, podendo os dados fornecidos sofrer alterações.

4.3 CONSIDERAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Uma vez concluído este projeto, apresentam-se algumas iniciativas para trabalhos futuros, para dar continuidade a este trabalho e passá-lo do papel para a realidade, considerando os objetivos propostos nos seguintes tópicos:

- O primeiro passo será construir o gaseificador, testá-lo em operação, verificar e registar melhorias ao projeto. De seguida, poderá ser necessário ajustar dimensões nos componentes como grelha, bacia de armazenamento, tubagens e válvulas, com o intuito de afinar o projeto e otimizá-lo ao máximo;
- Produzir *syngas*, analisá-lo e validar a sua aplicabilidade para a geração de energia, que é a finalidade que se tenciona dar ao mesmo;

-
- Reavaliar e ajustar o projeto para uma escala superior, com o intuito de viabilizar a operação de maiores quantidades de *feedstock*, para futura produção de energia;
 - Automatizar a operação de gaseificação com um jogo de válvulas motorizadas e sensores adequados, que permitam o controlo e monitorização do sistema, com o intuito de otimizar o processo;
 - Integrar o gaseificador num sistema de produção de energia elétrica, orientado para um ciclo combinado de Rankine, com a escala adequadamente ajustada aos outros equipamentos integrantes do sistema, mais propriamente a caldeira e a turbina-gerador, para que o produto seja viável numa escala de nível industrial.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 CONSULTAS ONLINE

5.2 CONSULTA DE TESES, CATÁLOGOS DE FORNECEDORES E
ARTIGOS

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 CONSULTAS ONLINE

- Accuratus. (2016). Consulta on-line a 10 de setembro de 2016, em <http://accuratus.com/alumox.html>
- AllPowerLabs. (2016). Consulta on-line a 16 de março de 2016, em <http://www.allpowerlabs.com/gasification-explained>
- Carbogas. (2016). Consulta on-line a 1 de maio de 2016, em http://unibioagroenergia.com.br/pdf/Apresentacao_UTRS-CE.pdf
- COF. (2017). Consulta on-line a 12 de outubro de 2016, em <http://www.cof.com.au/ThermalIns.shtml#Menu>
- ENC Energy. (2016). Consulta on-line a 2 de fevereiro de 2016, em <http://www.encenergy.com/pt/tecnologias-e-solucoes/valorizacao-energetica-biogas>
- Energy, T. (2016). Consulta on-line a 13 de outubro de 2016, em <http://www.transpacenergy.com/>
- Gasification-Syngas. (2016). Consulta on-line a 8 de janeiro de 2016, em <http://www.gasification-syngas.org/applications/gasification-overview/>
- Green Cycle. (2016). Consulta on-line a 5 de setembro de 2016, em <https://www.greencycle.de/en/materials/products/>
- HaiqiBiomass. (2016). Consulta on-line a 10 de outubro de 2016, em <http://www.haiqibiomass.com/3-biomass-gasification-power-generation.html>
- Holz-Kraft. (2016). Consulta on-line a 11 de outubro de 2016, em <http://www.holz-kraft.de/en/>
- ICM. (2016). Consulta on-line a 22 de abril de 2016, em <http://www.icminc.com/products/advanced-gasification.html>
- Labvirtual. (2016). Consulta on-line a 30 de março de 2016, em http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=248&Itemid=422
- Matweb. (2016). Consulta on-line a 23 de agosto de 2016, em <http://www.matweb.com/index.aspx>
- Midrex. (2016). Consulta on-line a 16 de agosto de 2016, em <http://www.midrex.com/process-technologies/mxcol/mxcol-gasifier-option>
- Naturlink. (2005). Consulta on-line a 20 de setembro de 2016, em <http://naturlink.pt/article.aspx?menuid=21&cid=1781&bl=1>.

- Organics. (2016). Consulta on-line a 21 de dezembro de 2016, em www.organics.co.uk. <http://www.organics.co.uk/en/products/40/gasification-systems>.
- Outotec. (2016). Consulta on-line a 9 de fevereiro de 2016, em <http://www.outotec.com/en/Products--services/Energy/Bubbling-Fluidized-Bed/>
- Siemens. (2016). Consulta on-line a 28 de agosto de 2016, em <http://www.energy.siemens.com/mx/en/fossil-power-generation/power-plants/integrated-gasification-combined-cycle/integrated-gasification-combined-cycle.htm>
- SierraEnergy. (2016). Consulta on-line a 10 de novembro de 2016, em <http://www.sierraenergycorp.com/>
- Valmet. (2016). Consulta on-line a 12 de junho de 2016, em <http://www.valmet.com/products/energy-production/>

5.2 CONSULTA DE TESES, CATÁLOGOS DE FORNECEDORES E ARTIGOS

- Chagas. (2015). Tabela de preços de válvulas de esfera.
- Frenzelit. (2016). Especificações técnicas do produto - IsoGLAS®.
- Henriques, R. M. (2009). Potencial Para Geração De Energia Elétrica No Brasil Com Resíduos De Biomassa Através Da Gaseificação.
- Instituto Nacional De Estatística. (2014). Estatísticas dos Resíduos 2014.
- Lopes, E. J. (2014). Desenvolvimento De Sistema de Gaseificação Via Análise De Emissões Atmosféricas.
- Magalhães, A. G. (2015). Estratégias de seleção de materiais em engenharia - Índices de Mérito.
- Oliveira, E. S. D. E. (2008). Gaseificação de Macaúba.
- Outokumpu. (2016). Aços inoxidáveis para elevadas temperaturas – *Therma Range Datasheet*.
- PERSU2020. (2014). Plano Estratégico Para Os Resíduos Urbanos.
- Rodrigues. (2008). Modelagem E Simulação De Um Gaseificador Em Leito Fixo Para O Tratamento Térmico De Resíduos Sólidos Da Indústria Calçadista.
- Valcontrol. (2016). Catálogo de válvulas de guilhotina.
- W. Bizzo. (2009). Transferência De Calor Em Caldeiras E Fornos.

ANEXOS

6.1 FICHAS TÉCNICAS E CATÁLOGOS DE COMPONENTES
COMERCIAIS

6.2 ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS SELECIONADOS

6.3 DESENHOS DE FABRICO

6.4 ORÇAMENTOS

6 ANEXOS

6.1 FICHAS TÉCNICAS E CATÁLOGOS DE COMPONENTES COMERCIAIS

- Catálogo da Valcontrol: Válvulas de guilhotina;
- Catálogo da Chagas: Válvulas de esfera;
- Catálogo da Frenzelit: Cordão vedante de fibra de vidro.

6.2 ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS SELECIONADOS

- Ficha técnica do material AISI 304;
- Ficha técnica do material AISI 310S;
- Ficha técnica do material alumina 96%;
- Ficha técnica do material do tipo Viton®.

6.3 DESENHOS DE FABRICO

- Desenho de montagem do conjunto Conj100;
- Desenhos de fabrico do subconjunto Sub110;
- Desenhos de fabrico do subconjunto Sub120;
- Desenhos de fabrico do subconjunto Sub130;
- Desenhos de fabrico do subconjunto Sub140;
- Desenhos de fabrico do subconjunto Sub150;
- Desenhos de fabrico do subconjunto Sub160;
- Desenhos de fabrico do subconjunto Sub170;
- Desenhos de fabrico do subconjunto Sub180.

6.4 ORÇAMENTOS

- Metalomecânica;
- Válvulas;
- Elementos de ligação;
- Cordão vedante de fibra de vidro;
- Revestimento térmico interior.

ANEXO 6.1

FICHAS TÉCNICAS E CATÁLOGOS DE COMPONENTES COMERCIAIS



valcontrol

Válvulas de Guilhotina



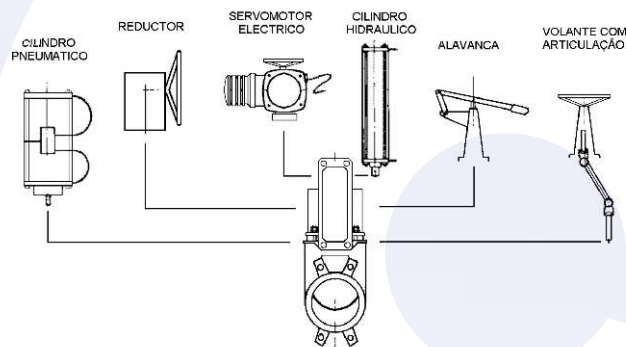
CONSTRUÇÃO:

CORPO: Ferro fundido GG-25, Fundição nodular GGG40, Aço inox AISI 304, Aço inox AISI 316, Aço inox AISI 304L, Aço inox AISI 316L, Uranus B6, Inconel, Etc.

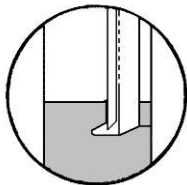
GUILHOTINA: Aço inox AISI 304, Aço inox AISI 316, Aço inox AISI 304L, Aço inox AISI 316L, Uranus B6, Inconel, Etc.

EMPANQUE: Algodão Ensebado, Algodão com Teflon, Teflon trançado, Grafite.

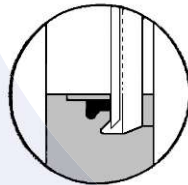
SEDE: Nitrilo, Butilo, Viton, Silicone, EPDM, Teflon (PTFE).



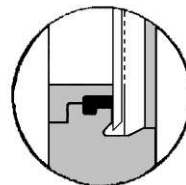
Vedação
Metal/Metal



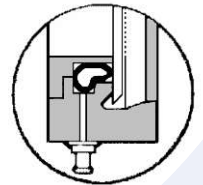
Vedação
por junta em elastômero



Anel suporte
sede reforçada



Junta da sede em
anel tubular comprimível



CHAGAS**TABELA DE PREÇOS**

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UN.	PVP	PRODUTO	QUANT. EMBALAGEM	
1637002	VALVULA ESFERA POLIPROP.PN16 1/2&	UN	2,70 €		50	
1637004	VALVULA ESFERA POLIPROP.PN16 3/4&	UN	4,15 €		40	
1637020	VALVULA ESFERA PAS/TOT.PN25 1/4"	UN	3,45 €		12	
1637022	VALVULA ESFERA PAS/TOT.PN25 3/8"	UN	3,45 €		12	
1637024	VALVULA ESFERA PAS/TOT.PN25 1/2"	UN	4,00 €		10	
1637026	VALVULA ESFERA PAS/TOT.PN25 3/4"	UN	5,49 €		10	
1637028	VALVULA ESFERA PAS/TOT.PN25 1"	UN	8,26 €		5	
1637030	VALVULA ESFERA PAS/TOT.PN25 1 1/4"	UN	13,97 €		6	
1637032	VALVULA ESFERA PAS/TOT.PN25 1 1/2"	UN	20,23 €		6	
1637034	VALVULA ESFERA PAS/TOT.PN25 2"	UN	33,51 €		2	
1637036	VALVULA ESFERA PAS/TOT.PN10 2 1/2"	UN	73,63 €		2	
1637038	VALVULA ESFERA PAS/TOT.PN10 3"	UN	100,09 €		2	
1637040	VALVULA ESFERA PAS/TOT.PN10 4"	UN	160,69 €	2		
1637098	VALVULA ESFERA MC/FM PN25 1/4&	UN	2,60 €		125	
1637100	VALVULA ESFERA MC/FM PN25 3/8"	UN	3,73 €		12	
1637102	VALVULA ESFERA MC/FM PN25 1/2"	UN	4,34 €		10	
1637104	VALVULA ESFERA MC/FM PN25 3/4"	UN	5,80 €		10	
1637106	VALVULA ESFERA MC/FM PN25 1"	UN	8,83 €		5	
1637108	VALVULA ESFERA MC/FM PN25 1 1/4"	UN	15,57 €		6	
1637110	VALVULA ESFERA MC/FM PN25 1 1/2"	UN	24,48 €		6	
1637112	VALVULA ESFERA MC/FM PN25 2"	UN	34,89 €		2	
1637158	VALVULA ESFERA MN/BORB.PN25 1/4&	UN	2,70 €			125
1637160	VALVULA ESFERA MN/BORB.PN25 3/8"	UN	3,45 €			12
1637162	VALVULA ESFERA MN/BORB.PN25 1/2"	UN	3,80 €	10		
1637164	VALVULA ESFERA MN/BORB.PN25 3/4"	UN	5,63 €	10		
1637166	VALVULA ESFERA MN/BORB.PN25 1"	UN	8,63 €	5		
1637168	VALVULA ESFERA MN/BORB.PN25 1 1/4&	UN	10,00 €	25		
1637170	VALVULA ESFERA MN/BORB.PN25 1 1/2&	UN	20,00 €	16		
1637172	VALVULA ESFERA MN/BORB.PN25 2"&	UN	44,00 €	8		

NOTA: Os preços constantes nesta tabela, estão sujeitos ao IVA, e podem ser alterados sem aviso prévio.
São válidos a partir da data assinalada, salvo ruptura de stocks, erro tipográfico ou fotográfico.

isoGLAS[®] - Strickgeflecht

isoGLAS[®] - knitted braids

Typische Einsatzgebiete:

- Kaminofen- und Heizkesselbau
- Anlagen- und Maschinenbau

Typical applications:

- Furnace, boiler and chimney doors
- Oven and furnace construction

Lieferdaten / Supply data:

6 20 mm
 andere Abmessungen auf Anfrage /
 other dimensions upon inquiry

Allgemeine Angaben / General data

Materialnummer / material number	34710099..
Fasertyp / type of fibres	E-Glas / E-Glass
Faserfeinheit / fineness of fibre	6 - 15 µm
Anwendungsgrenztemperatur / application limit	450 °C
Anwendungsgrenztemp. kurzzeitig / brief peaks up to	550 °C
Farbe / colour	weiß / white

Physikalische Kennwerte / physical properties

Durchmesser / Diameter 6 - 20 mm

Durchmesser / Diameter [mm]	6	8	10	12	15	18	20
Gewicht / weight [g/lfm]	21*	26*	50*	64*	110*	170*	220*

Brandverhalten / Combustion behaviour

unbrennbar / incombustible

physiologisches Verhalten / Physiological behaviour

unbedenklich / not hazardous

toxikologisches Verhalten / Toxic behaviour

ungefährlich / not hazardous

Mögliche Ausrüstungen / Product versions:

Pigmentschwarz / black (pigment)

Alugrau / alugrey

organische Binderanteile zersetzen sich ab ca. 200 °C / Organic binder decompose at 200 °C

Bei der Vielseitigkeit der Einbau- und Betriebsbedingungen sowie der Anwendungs- und Verfahrenstechnik können die Angaben in diesem Datenblatt nur als unverbindliche Richtlinien gelten.

With the variety of installation and service conditions as well as of application and process engineering, the data of this sheet can only be taken as a non-binding guide.

*=Modalwert (Typischer Wert) / modal value (typical value)

Ausgabe / issue: 02.04

Änderungsstand / modification: 2

ANEXO 6.2

ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS SELECIONADOS

304 Stainless Steel

Categories: [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [Heat Resisting](#); [Stainless Steel](#); [T 300 Series Stainless Steel](#)

Material Notes: This MatWeb entry has typical values for specimens of unknown form/heat treatment but appear to be annealed samples. We are creating other entries for more specific heat treatments and forms. Austenitic Cr-Ni stainless steel. Better corrosion resistance than Type 302. High ductility, excellent drawing, forming, and spinning properties. Essentially non-magnetic, becomes slightly magnetic when cold worked. Low carbon content means less carbide precipitation in the heat-affected zone during welding and a lower susceptibility to intergranular corrosion.

Applications: beer kegs, bellows, chemical equipment, coal hopper linings, cooking equipment, cooling coils, cryogenic vessels, dairy equipment, evaporators, flatware utensils, feedwater tubing, flexible metal hose, food processing equipment, hospital surgical equipment, hypodermic needles, kitchen sinks, marine equipment and fasteners, nuclear vessels, oil well filter screens, refrigeration equipment, paper industry, pots and pans, pressure vessels, sanitary fittings, valves, shipping drums, spinning, still tubes, textile dyeing equipment, tubing.





Corrosion Resistance: resists most oxidizing acids and salt spray.

UNS S30400; AMS 5501, 5513, 5560, 5565; ASME SA182, SA194 (8), SA213, SA240; ASTM A167, A182, A193, A194

Key Words: aisi304, AISI 304, T304, T 304, SUS304, SS304, 304SS, 304 SS, UNS S30400, AMS 5501, AMS 5513, AMS 5560, AMS 5565, AMS 5566, AMS 5567, AMS 5639, AMS 5697, ASME SA182, ASME SA194 (8), ASME SA213, ASME SA240, ASME SA249, ASME SA312, ASME SA320 (B8), ASME SA358, ASME SA376, ASME SA403, ASME SA409, ASME SA430, ASME SA479, ASME SA688, ASTM A167, ASTM A182, ASTM A193, ASTM A194, ASTM A666, FED QQ-S-763, MILSPEC MIL-S-5059, SAE 30304, DIN 1.4301, X5CrNi189, B.S. 304 S 15, EN 58E, PN 86020 (Poland), OH18N9, ISO 4954 X5CrNi189E, ISO 683/13 11, 18-8

Vendors: [Click here to view all available suppliers for this material.](#)

Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	8.00 g/cc	0.289 lb/in ³	
Mechanical Properties			
Hardness, Brinell	123	123	Converted from Rockwell B hardness.
Hardness, Knoop	138	138	Converted from Rockwell B hardness.
Hardness, Rockwell B	70	70	
Hardness, Vickers	129	129	Converted from Rockwell B hardness.
Tensile Strength, Ultimate	505 MPa	73200 psi	
Tensile Strength, Yield	215 MPa @Strain 0.200 %	31200 psi @Strain 0.200 %	
Elongation at Break	70 %	70 %	in 50 mm
Modulus of Elasticity	193 GPa	28000 ksi	
Poissons Ratio	0.29	0.29	
Shear Modulus	77.0 GPa	11200 ksi	
Izod Impact 	150 J @Temperature -195 °C	111 ft-lb @Temperature -319 °F	V-Notch
	150 J @Temperature 21.0 °C	111 ft-lb @Temperature 69.8 °F	V-Notch
Charpy Impact	325 J	240 ft-lb	
Electrical Properties			
Electrical Resistivity 	0.0000720 ohm-cm @Temperature 20.0 °C	0.0000720 ohm-cm @Temperature 68.0 °F	
	0.000116 ohm-cm @Temperature 650 °C	0.000116 ohm-cm @Temperature 1200 °F	
Magnetic Permeability	1.020	1.020	at RT
Thermal Properties			
CTE, linear 	17.3 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 100 °C	9.61 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 212 °F	
	17.8 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 315 °C	9.89 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 599 °F	
	18.7 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 650 °C	10.4 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 1200 °F	
Specific Heat Capacity	0.500 J/g-°C @Temperature 0.000 - 100 °C	0.120 BTU/lb-°F @Temperature 32.0 - 212 °F	
Thermal Conductivity 	16.2 W/m-K @Temperature 0.000 - 100 °C	112 BTU-in/hr-ft ² -°F @Temperature 32.0 - 212 °F	
	21.5 W/m-K @Temperature 500 °C	149 BTU-in/hr-ft ² -°F @Temperature 932 °F	
Melting Point	1400 - 1455 °C	2550 - 2651 °F	
Solidus	1400 °C	2550 °F	
Liquidus	1455 °C	2651 °F	

Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	<= 0.080 %	<= 0.080 %	
Chromium, Cr	18 - 20 %	18 - 20 %	
Iron, Fe	66.345 - 74 %	66.345 - 74 %	as balance
Manganese, Mn	<= 2.0 %	<= 2.0 %	
Nickel, Ni	8.0 - 10.5 %	8.0 - 10.5 %	
Phosphorous, P	<= 0.045 %	<= 0.045 %	
Silicon, Si	<= 1.0 %	<= 1.0 %	
Sulfur, S	<= 0.030 %	<= 0.030 %	

[References](#) for this datasheet.

Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent format. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversions to equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also ask that you refer to MatWeb's [terms of use](#) regarding this information. [Click here](#) to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.

Outokumpu 4845 High Temperature Austenitic Stainless Steel

Categories: [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [Austenitic](#); [Stainless Steel](#)

Material Notes: Standardized high-temperature steel for use at temperatures up to 1100°C in dry air. Prone to embrittlement after exposure between 600-900°C.




Applications: Heat and creep resistance. For use over 550°C for equipment and components within:

- Iron, steel, and non-ferrous industries
- Engineering industry
- Energy conservation plants
- Cement industry

Available in hot rolled plate (Quarto), hot rolled strip/sheet (CPP), cold rolled strip/sheet, cold rolled narrow strip, bar, and rod forms.

Key Words: EN 1.4845; ASTM 310S; JIS SUS 310S

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.80 g/cc	0.282 lb/in ³	RT
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate	600 MPa	87000 psi	Outokumpu Typical, Hot Rolled Plate (Quarto); EN 10002-1
	320 MPa @Temperature 600 °C	46400 psi @Temperature 1110 °F	EN min.; EN 10002-5
	370 MPa @Temperature 500 °C	53700 psi @Temperature 932 °F	EN min.; EN 10002-5
	400 MPa @Temperature 400 °C	58000 psi @Temperature 752 °F	EN min.; EN 10002-5
	410 MPa @Temperature 300 °C	59500 psi @Temperature 572 °F	EN min.; EN 10002-5
	430 MPa @Temperature 200 °C	62400 psi @Temperature 392 °F	EN min.; EN 10002-5
	470 MPa @Temperature 100 °C	68200 psi @Temperature 212 °F	EN min.; EN 10002-5
Tensile Strength, Yield 	270 MPa @Strain 0.200 %	39200 psi @Strain 0.200 %	Outokumpu Typical, Hot Rolled Plate (Quarto); EN 10002-1
	310 MPa @Strain 1.00 %	45000 psi @Strain 1.00 %	Outokumpu Typical, Hot Rolled Plate (Quarto); EN 10002-1
	82.0 MPa @Strain 0.200 %, Temperature 600 °C	11900 psi @Strain 0.200 %, Temperature 1110 °F	EN min.; EN 10002-5
	85.0 MPa @Strain 0.200 %, Temperature 500 °C	12300 psi @Strain 0.200 %, Temperature 932 °F	EN min.; EN 10002-5
	91.0 MPa @Strain 0.200 %, Temperature 400 °C	13200 psi @Strain 0.200 %, Temperature 752 °F	EN min.; EN 10002-5
	100 MPa @Strain 0.200 %, Temperature 300 °C	14500 psi @Strain 0.200 %, Temperature 572 °F	EN min.; EN 10002-5
	114 MPa @Strain 1.00 %, Temperature 600 °C	16500 psi @Strain 1.00 %, Temperature 1110 °F	EN min.; EN 10002-5
	116 MPa @Strain 0.200 %, Temperature 200 °C	16800 psi @Strain 0.200 %, Temperature 392 °F	EN min.; EN 10002-5
	121 MPa @Strain 1.00 %, Temperature 500 °C	17500 psi @Strain 1.00 %, Temperature 932 °F	EN min.; EN 10002-5
	126 MPa @Strain 1.00 %, Temperature 400 °C	18300 psi @Strain 1.00 %, Temperature 752 °F	EN min.; EN 10002-5
	139 MPa @Strain 1.00 %, Temperature 300 °C	20200 psi @Strain 1.00 %, Temperature 572 °F	EN min.; EN 10002-5
	140 MPa @Strain 0.200 %, Temperature 100 °C	20300 psi @Strain 0.200 %, Temperature 212 °F	EN min.; EN 10002-5
	154 MPa @Strain 1.00 %, Temperature 200 °C	22300 psi @Strain 1.00 %, Temperature 392 °F	EN min.; EN 10002-5
	185 MPa	26800 psi	EN min.; EN 10002-5

100 mm a
@Strain 1.00 %, Temperature 100 °C

20000 psi
@Strain 1.00 %, Temperature 212 °F

EN 10025, EN 10025-2

Property	Metric	English	Comments
Elongation at Break	50 %	50 %	Outokumpu Typical, Hot Rolled Plate (Quarto); EN 10002-1
Rupture Strength	8.50 MPa @Temperature 900 °C, Time 3.60e+7 sec	1230 psi @Temperature 1650 °F, Time 10000 hour	
	13.0 MPa @Temperature 850 °C, Time 3.60e+7 sec	1890 psi @Temperature 1560 °F, Time 10000 hour	
	18.0 MPa @Temperature 800 °C, Time 3.60e+7 sec	2610 psi @Temperature 1470 °F, Time 10000 hour	
	26.0 MPa @Temperature 750 °C, Time 3.60e+7 sec	3770 psi @Temperature 1380 °F, Time 10000 hour	
	40.0 MPa @Temperature 700 °C, Time 3.60e+7 sec	5800 psi @Temperature 1290 °F, Time 10000 hour	
	65.0 MPa @Temperature 650 °C, Time 3.60e+7 sec	9430 psi @Temperature 1200 °F, Time 10000 hour	
	130 MPa @Temperature 600 °C, Time 3.60e+7 sec	18900 psi @Temperature 1110 °F, Time 10000 hour	
Modulus of Elasticity	196 GPa	28400 ksi	RT
	120 GPa @Temperature 1000 °C	17400 ksi @Temperature 1830 °F	
	158 GPa @Temperature 500 °C	22900 ksi @Temperature 932 °F	

Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	0.0000960 ohm-cm	0.0000960 ohm-cm	RT

Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear	18.4 µm/m-°C @Temperature 500 °C	10.2 µin/in-°F @Temperature 932 °F	
	20.0 µm/m-°C @Temperature 1000 °C	11.1 µin/in-°F @Temperature 1830 °F	

Specific Heat Capacity	0.470 J/g-°C	0.112 BTU/lb-°F	RT
	0.530 J/g-°C @Temperature 500 °C	0.127 BTU/lb-°F @Temperature 932 °F	

Thermal Conductivity	11.9 W/m-K	82.6 BTU-in/hr-ft²-°F	RT
	19.8 W/m-K @Temperature 500 °C	137 BTU-in/hr-ft²-°F @Temperature 932 °F	
	27.1 W/m-K @Temperature 1000 °C	188 BTU-in/hr-ft²-°F @Temperature 1830 °F	

Maximum Service Temperature, Air	1100 °C	2010 °F	Dry Air
----------------------------------	---------	---------	---------

Processing Properties	Metric	English	Comments
Annealing Temperature	1040 - 1070 °C	1900 - 1960 °F	Stress Relief Annealing (min. 0.5 h)
	1050 - 1150 °C	1920 - 2100 °F	Solution Annealing

Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.050 %	0.050 %	
Chromium, Cr	25 %	25 %	
Iron, Fe	54.95 %	54.95 %	
Nickel, Ni	20 %	20 %	

Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent format. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversions to equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also ask that you refer to MatWeb's [terms of use](#) regarding this information. [Click here](#) to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.

Overview - Alumina, 96%, Al₂O₃

Categories: [Ceramic](#); [Oxide](#); [Aluminum Oxide](#)

Material Notes: Information below is typical for commercially available 96% alumina. A wide variation of properties is possible between specific grades.


Key Words: Alpha alumina, Al₂O₃, aluminum oxide, corundum, aluminium oxide

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	3.80 g/cc	0.137 lb/in ³	
Water Absorption	0.00 %	0.00 %	
Weibull Modulus	>= 10	>= 10	

Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Mohs	9.0	9.0	
Tensile Strength, Ultimate	200 MPa	29000 psi	
Modulus of Elasticity	300 GPa	43500 ksi	
Flexural Strength	320 MPa	46400 psi	
Compressive Strength	2400 MPa	348000 psi	
Poissons Ratio	0.22	0.22	
Fracture Toughness	4.50 MPa-m ^{1/2}	4.10 ksi-in ^{1/2}	
Shear Modulus	130 GPa	18900 ksi	

Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	1.00e+14 ohm-cm	1.00e+14 ohm-cm	
Dielectric Constant	9.3	9.3	
Dielectric Strength	9.00 kV/mm	229 kV/in	Wide Variation Between Grades

Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear 	6.40 µm/m-°C @Temperature 20.0 - 300 °C	3.56 µin/in-°F @Temperature 68.0 - 572 °F	
	7.60 µm/m-°C @Temperature 20.0 - 700 °C	4.22 µin/in-°F @Temperature 68.0 - 1290 °F	
	8.00 µm/m-°C @Temperature 20.0 - 1000 °C	4.44 µin/in-°F @Temperature 68.0 - 1830 °F	
Specific Heat Capacity	0.880 J/g-°C	0.210 BTU/lb-°F	
Thermal Conductivity	25.0 W/m-K	174 BTU-in/hr-ft ² -°F	
Maximum Service Temperature, Air	1575 °C	2867 °F	No Load

Descriptive Properties

Color White to Ivory/Brown/Pink

Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent format. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversions to equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also ask that you refer to MatWeb's [terms of use](#) regarding this information. [Click here](#) to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.

Chemours Viton® GBLT-600S Fluoroelastomer Compound

Categories: [Polymer](#); [Thermoset](#); [Fluoropolymer](#); [TS](#); [Thermoset Fluoroelastomer](#); [Rubber or Thermoset Elastomer \(TSE\)](#)




Material Notes:

- GBLT-600S is an alternative to GLT and GFLT for fuel seals and fuel injector O-rings
- Good fuel, methanol, and fluids resistance, improved vs. GLT
- Low temperature Tg, TR-10, and sealing improved vs. Viton® GFLT
- Heat resistance comparable to Viton® GLT-600S and GFLT-600S Good mold release / mold fouling properties
- Good physical properties with high elongation, both original and aged
- Good water and steam resistance / low volume swell in water
- Excellent compression set resistance with either low or no postcure F169

Chemours was formed from former DuPont performance chemicals businesses, including the Viton product line, in 2015.

Vendors:

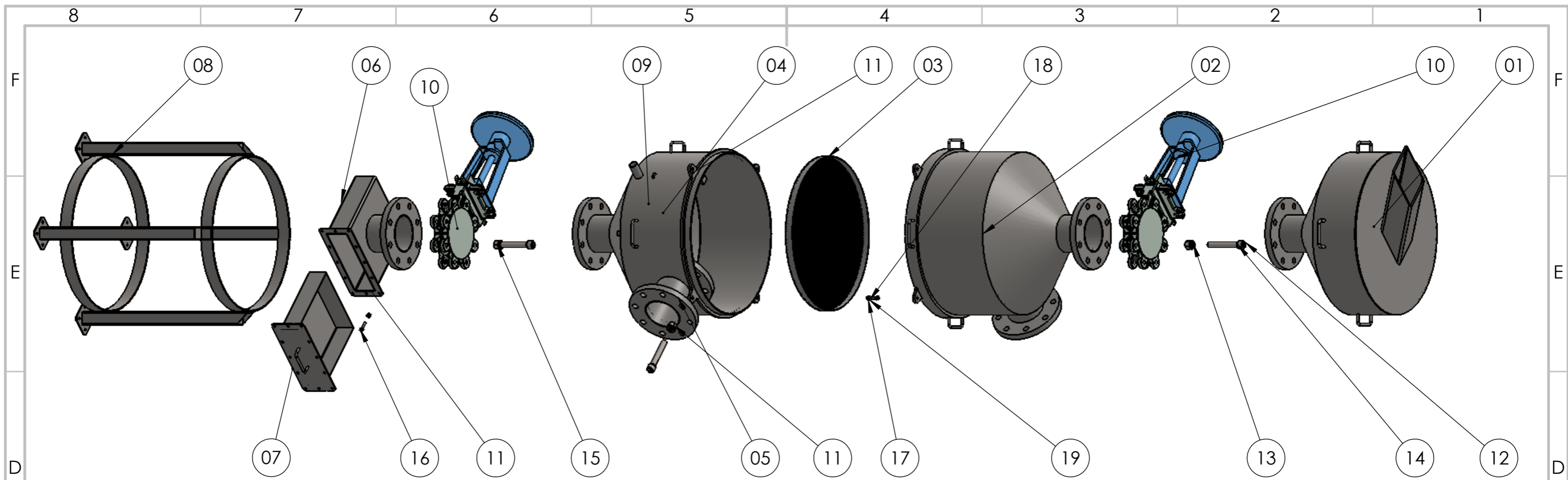
No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Specific Gravity	1.85 g/cc	1.85 g/cc	Uncompounded Viton
Mooney Viscosity	65 @Temperature 121 °C	65 @Temperature 250 °F	ML (1+10), Uncompounded Viton
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Shore A	68	68	No Postcure; ASTM D1414
	70	70	Postcured; ASTM D1414
Tensile Strength at Break	12.7 MPa	1840 psi	No Postcure
	16.5 MPa	2390 psi	Postcured
Tensile Strength, Yield 	0.800 MPa @Strain 10.0 %	116 psi @Strain 10.0 %	No Postcure; ASTM D412
	0.900 MPa @Strain 10.0 %	131 psi @Strain 10.0 %	No Postcure; ASTM D412
Elongation at Break	222 %	222 %	Postcured; ASTM D412
	230 %	230 %	No Postcure; ASTM D412
100% Modulus	0.00420 GPa	0.609 ksi	Postcured; ASTM D412
	0.00500 GPa	0.725 ksi	Postcured; ASTM D412
Compression Set 	17 %	17 %	Postcured; ASTM D395B
	17 % @Temperature 200 °C	17 % @Temperature 392 °F	No postcure; ASTM D395B
Thermal Properties	Metric	English	Comments
Minimum Service Temperature, Air	-27.7 °C	-17.9 °F	Retraction Temperature, Tr10; ASTM D1329
Glass Transition Temp, Tg	-28.3 °C	-18.9 °F	
Processing Properties	Metric	English	Comments
Processing Temperature 	177 °C @Time 421 sec	351 °F @Time 0.117 hour	Cure
	232 °C @Time 7200 sec	450 °F @Time 2.00 hour	Postcure
Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Fluorine, F	66 %	66 %	Uncompounded Viton
Descriptive Properties			
Color		white to tan	Uncompounded Viton
Compound Number		A28-03	
Form		Sheet	Uncompounded Viton
Formulation as Tested		100	GBLT-600S
		3	Luperox® 101-XL45
		3	Diak 7 (TAIC)
		3	Zinc Oxide
		30	MT Black
Odor		none	Uncompounded Viton
Storage Stability		Excellent	Uncompounded Viton

Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent format. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversions to equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also ask that you refer to MatWeb's [terms of use](#) regarding this information. [Click here](#) to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.

ANEXO 6.3

DESENHOS DE FABRICO



ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	MATERIAL
01	Sub110	Bacia de alimentação	1 un	AISI 304
02	Sub120	Parte superior do reator	1 un	AISI 310S
03	Sub130	Grelha de combustão	1 un	AISI 310S
04	Sub140	Parte inferior do reator	1 un	AISI 310S
05	Sub150	Tampa de acesso lateral	1 un	AISI 310S
06	Sub160	Porta cinzeiro	1 un	AISI 304
07	Sub170	Cinzeiro	1 un	AISI 304
08	Sub180	Estrutura	1 un	AISI 304
09	Comp101	Válvula de esfera DN25	1 un	-
10	Comp102	Válvula de guilhotina DN100	2 un	-
11	Comp103	Cordão vedante de fibra de vidro	3 m	-
12	Comp104	Parafuso M16 DIN 912	24 un	AISI 304
13	Comp105	Porca M16 DIN 934	24 un	AISI 304
14	Comp106	Anilha plana M16 DIN 125	48 un	AISI 304
15	Comp107	Anilha de pressão M16 DIN 127	24 un	AISI 304
16	Comp108	Parafuso M6 DIN 912	16 un	AISI 304
17	Comp109	Porca M6 DIN 934	16 un	AISI 304
18	Comp1010	Anilha plana M6 DIN 125	32 un	AISI 304
19	Comp1011	Anilha de pressão M6 DIN 127	16 un	AISI 304

NOTA:

DE FORMA A SIMPLIFICAR, NO DESENHO ESTÁ REPRESENTADO APENAS, POR CADA LIGAÇÃO FLANGEADA, UM CONJUNTO CONSTITUÍDO POR:

- 1 PARAFUSO DIN 912;
- 1 PORCA DIN 934;
- 2 ANILHAS PLANAS DIN 125;
- 1 ANILHA DE PRESSÃO DIN 127.

		ACABAMENTO:	REVISÃO:
DESENHOU	NOME	ASSINATURA	DATA
VERIFICOU	TIAGO PEDROSA		20/01/2017
VALIDOU			
MFG			
Q.A			
ISO 2768 mk		PROJETO:	
ISO 5457		Gaseificador	
MATERIAL:		DESENHO Nº:	A3
		Conj100	
PESO:		ESCALA:1:12	FOLHA 1 OF 1

4

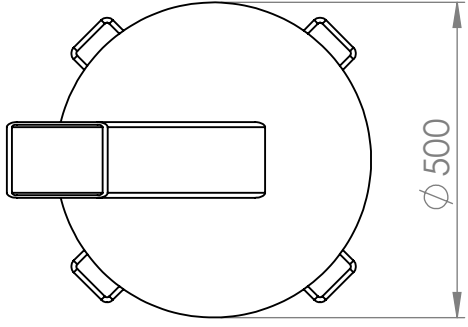
3

2

1

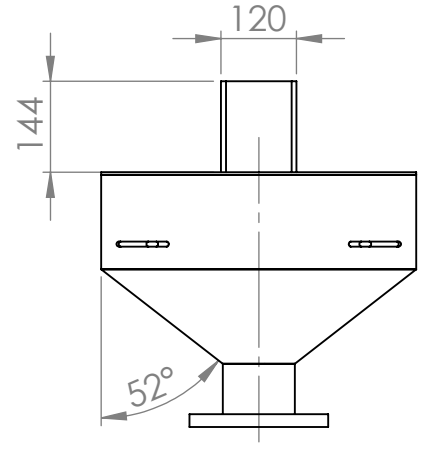
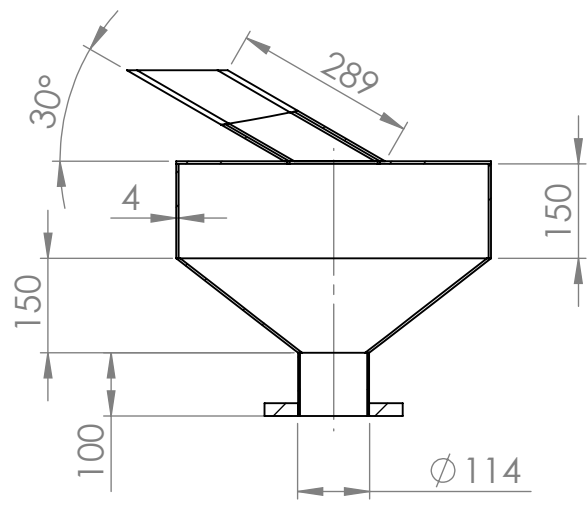
F

F



E

E

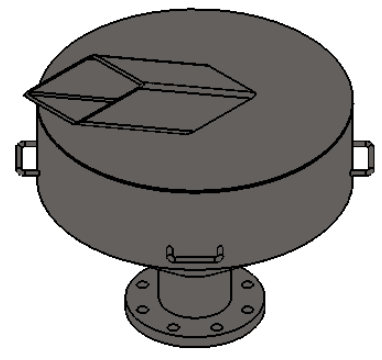
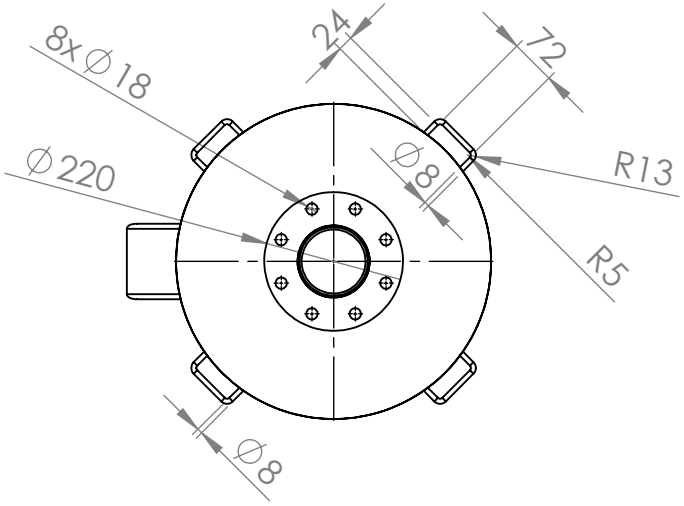


D

D

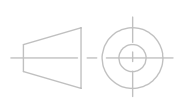
C

C



B

B



ACABAMENTO:

REVISÃO:

A

A

	NOME	ASSINATURA	DATA	TOLERÂNCIAS GERAIS:
DESENHOU	Tiago Pedrosa		20/01/2017	ISO 2768-mk
VERIFICOU				DESENHO TÉCNICO:
VALIDOU				ISO 128-21
MFG				MATERIAL:
Q.A				AISI 304
				PESO: 29 kg

PROJETO:	Gaseificador	
DESENHO Nº:	Sub110	A4
SCALE: 1:12	FOLHA 1 DE 2	

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

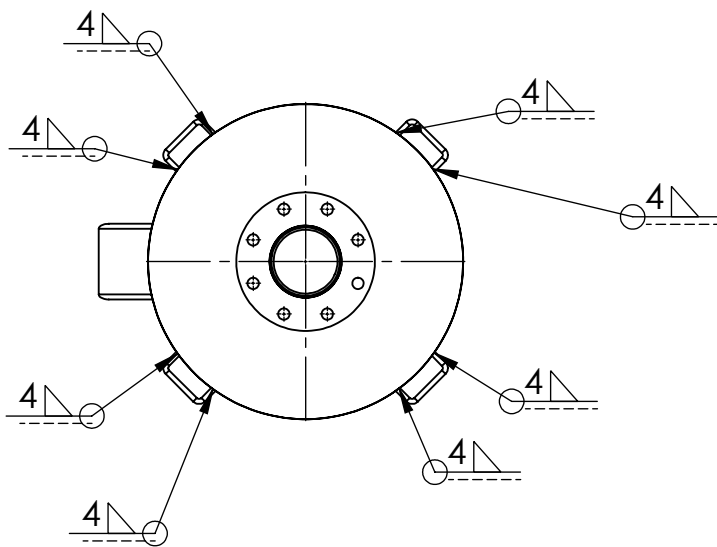
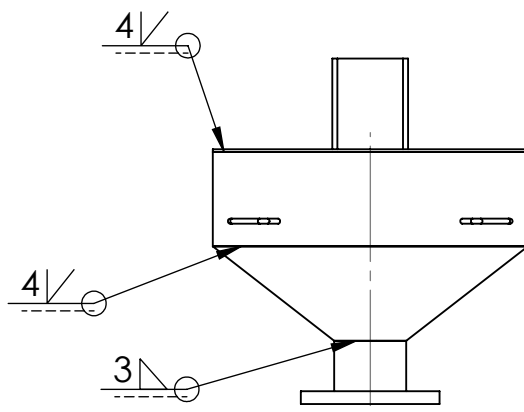
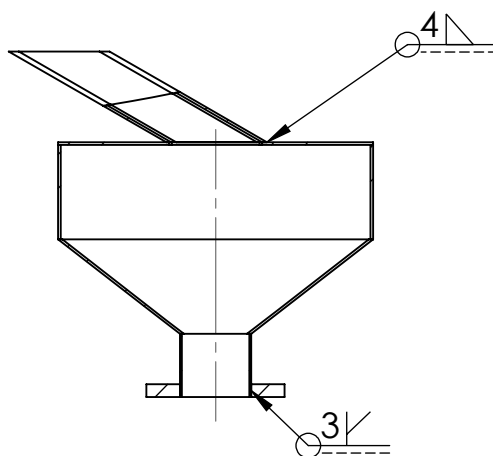
C

B

B

A

A



ACABAMENTO:

SIMBOLOGIA DE SODADURA:

REVISÃO:

ISO 2553

	NOME	ASSINATURA	DATA
DESENHOU	Tiago Pedrosa		20/01/2017
VERIFICOU			
VALIDOU			
MFG			
Q.A			

TOLERÂNCIAS GERAIS:
ISO 2768-mk

DESENHO TÉCNICO:
ISO 128-21

MATERIAL:
AISI 304

PESO: 29 kg

PROJETO:
Gaseificador

DESENHO Nº:
Sub110

A4

SCALE:1:12

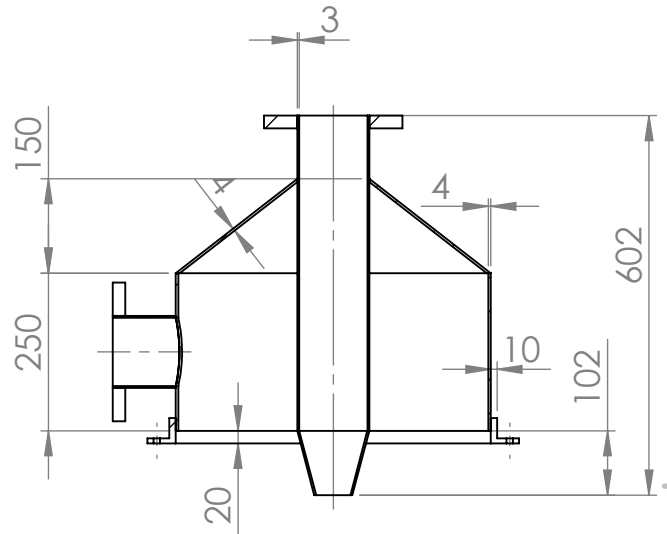
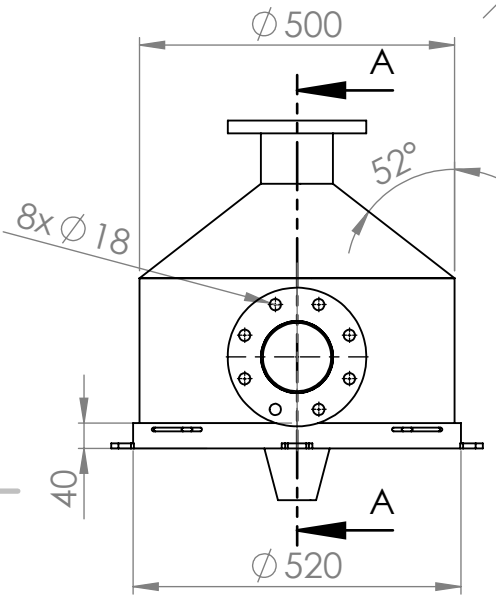
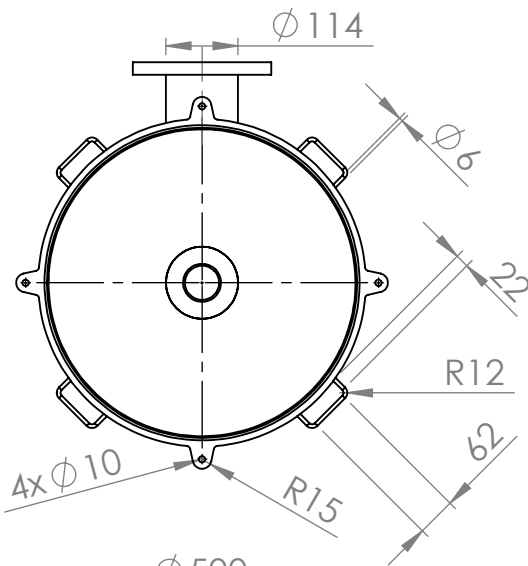
SHEET 2 DE 2

4

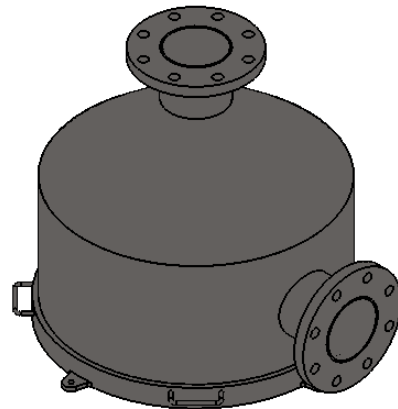
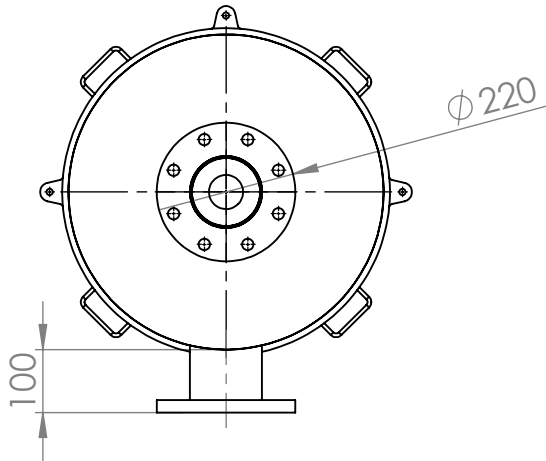
3

2

1



SECÇÃO A-A



ACABAMENTO:

REVISÃO:

	NOME	ASSINATURA	DATA
DESENHOU	Tiago Pedrosa		20/01/2017
VERIFICOU			
VALIDOU			
MFG			
Q.A			

TOLERÂNCIAS GERAIS:
ISO 2768-mk
DESENHO TÉCNICO:
ISO 128-21
MATERIAL:
AISI 310S
PESO: 40 kg

PROJETO:	Gaseificador	
DESENHO Nº:	Sub120	A4
ESCALA: 1:12	FOLHA 1 DE 2	

4

3

2

1

F

F

E

E

D

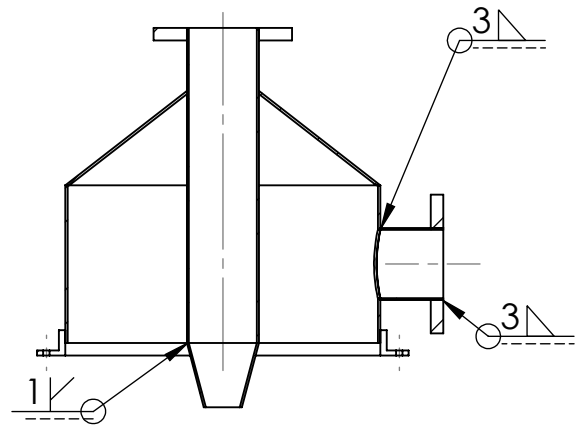
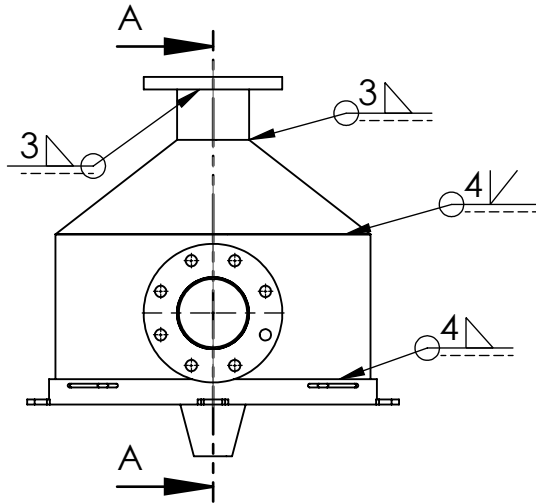
D

C

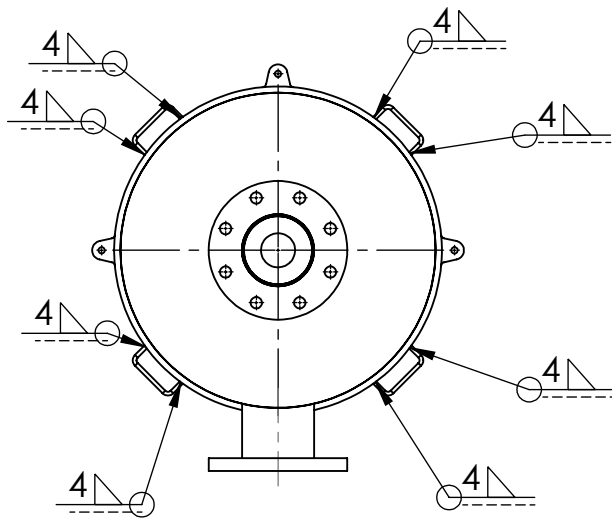
C

B

B



SECÇÃO A-A



ACABAMENTO:

SIMBOLOGIA DE SOLDADURA:
ISO 2553

REVISÃO:

	NOME	ASSINATURA	DATA
DESENHOU	Tiago Pedrosa		20/01/2017
VERIFICOU			
VALIDOU			
MFG			
Q.A			

TOLERÂNCIAS GERAIS:
ISO 2768-mk

PROJETO:

Gaseificador

DESENHO TÉCNICO:
ISO 128-21

MATERIAL:
AISI 310S

DESENHO Nº:

Sub120

A4

PESO: 40 kg

ESCALA:1:12

FOLHA 2 DE 2

4

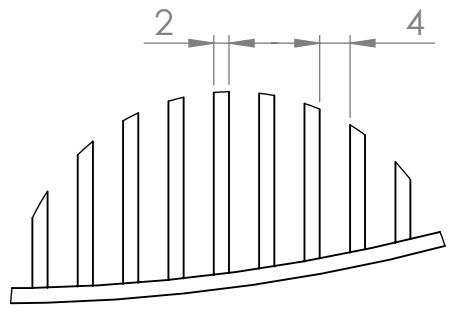
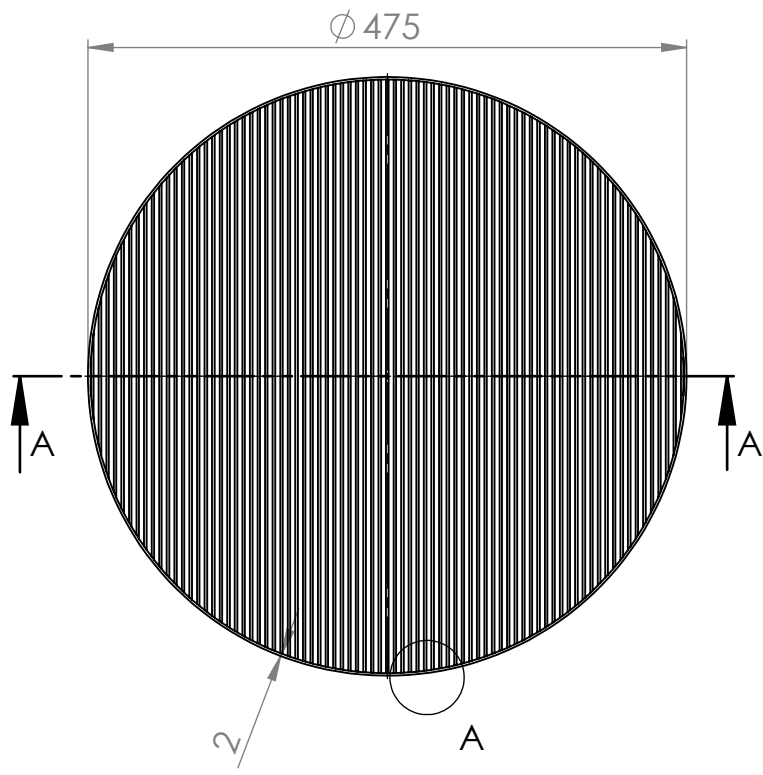
3

2

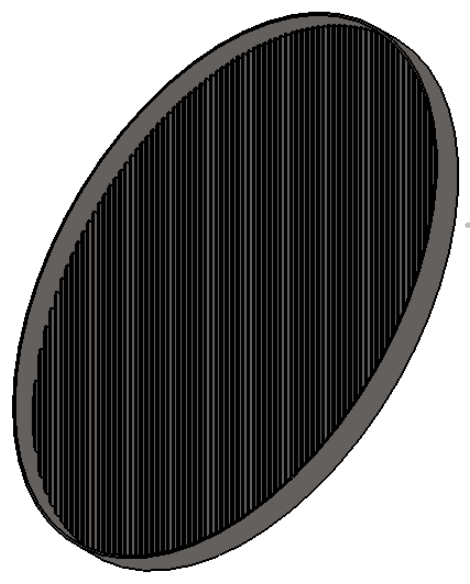
1

A

A



DESENHO DE PORMENOR A ESCALA 1 : 1



ACABAMENTO:

REVISÃO:

NOME			ASSINATURA		DATA		TOLERÂNCIAS GERAIS:		PROJETO:	
Tiago Pedrosa					20/01/2017		ISO 2768-mk		Gaseificador	
DESENHOU			VERIFICOU		VALIDOU		DESENHO TÉCNICO:		Sub130	
							ISO 128-21			
MFG							MATERIAL:		DESENHO Nº:	
Q.A							AISI 310S		A4	
							PESO: 2,5 kg		ESCALA: 1:6	
									FOLHA 1 DE 2	

4

3

2

1

F

E

D

C

B

A

F

E

D

C

B

A

4

3

2

1

F

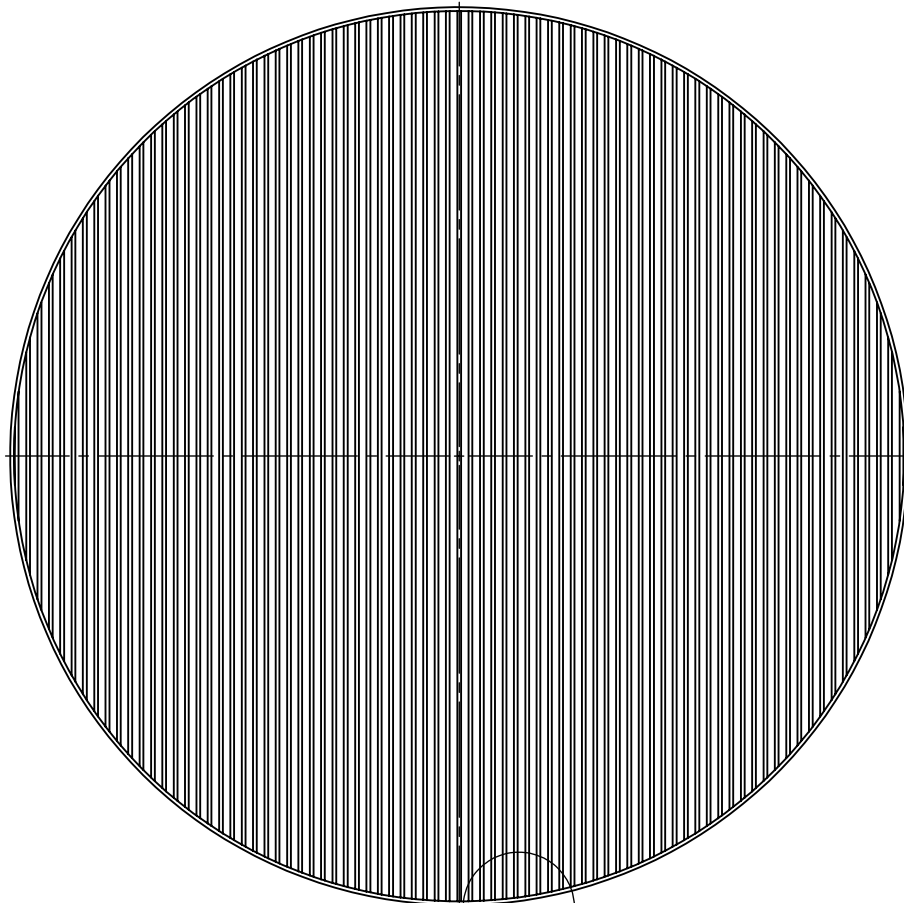
F

E

E

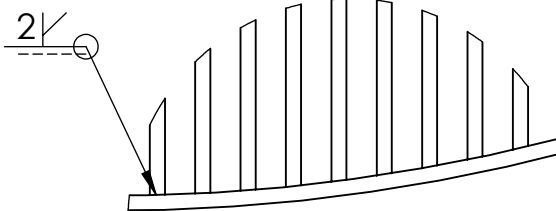
D

D



A

TODAS AS BARRAS
SÃO SOLDADAS
SEGUNDO A MESMA
ESPECIFICAÇÃO
CONFORME O
DESENHO DE
PORMENOR A



DESENHO DE PORMENOR A
ESCALA 1 : 1

C

C

B

B



ACABAMENTO:

SIMBOLOGIA DE SOLDADURA:

ISO 2553

REVISÃO:

	NOME	ASSINATURA	DATA
DESENHOU	Tiago Pedrosa		20/01/2017
VERIFICOU			
VALIDOU			
MFG			
Q.A			

TOLERÂNCIAS GERAIS:
ISO 2768-mk

PROJETO:

Gaseificador

DESENHO TÉCNICO:
ISO 128-21

MATERIAL:
AISI 310S

DESENHO Nº:

Sub130

A4

PESO: 2,5 kg

SCALE: 1:4

FOLHA 2 DE 2

4

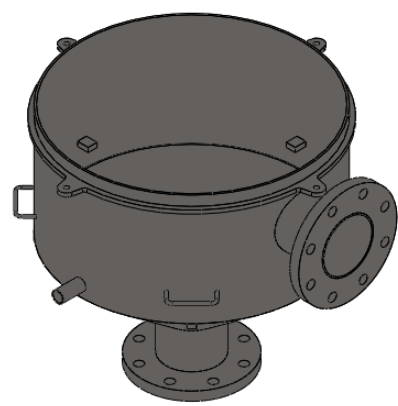
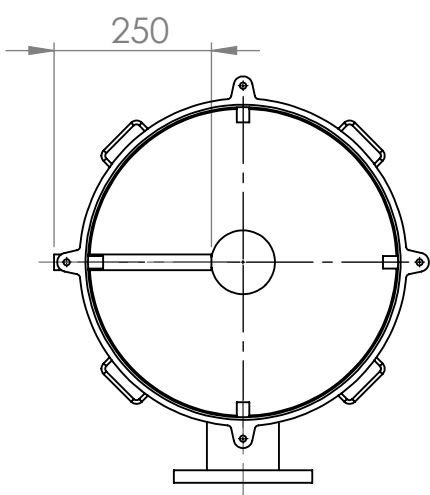
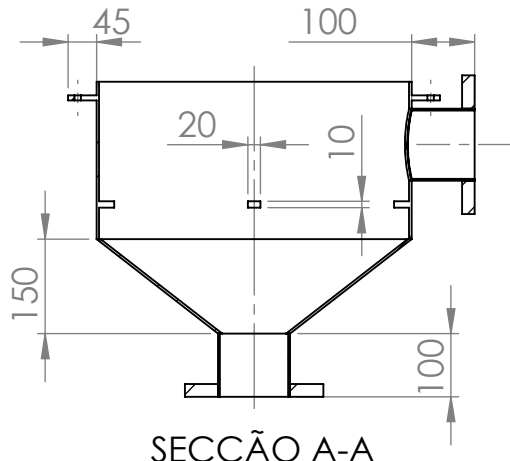
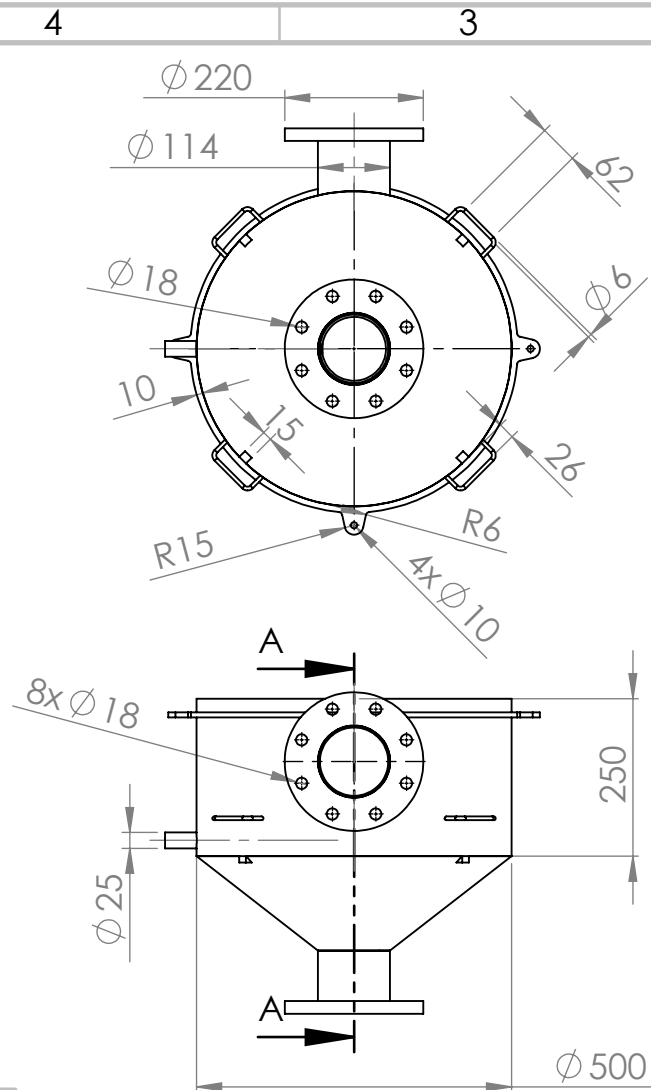
3

2

1

A

A



ACABAMENTO:

REVISÃO:

A	DESENHOU	NOME	ASSINATURA	DATA	TOLERÂNCIAS GERAIS:	PROJETO:	Gaseificador	
	VERIFICOU	Tiago Pedrosa		20/01/2017	ISO 2768-mk			
	VALIDOU				DESENHO TÉCNICO:	DESENHO N°:	Sub140	
	MFG				ISO 128-21			
	Q.A				MATERIAL:			AISI 310S
					PESO: 31 kg	ESCALA: 1:12	FOLHA 1 DE 2	

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

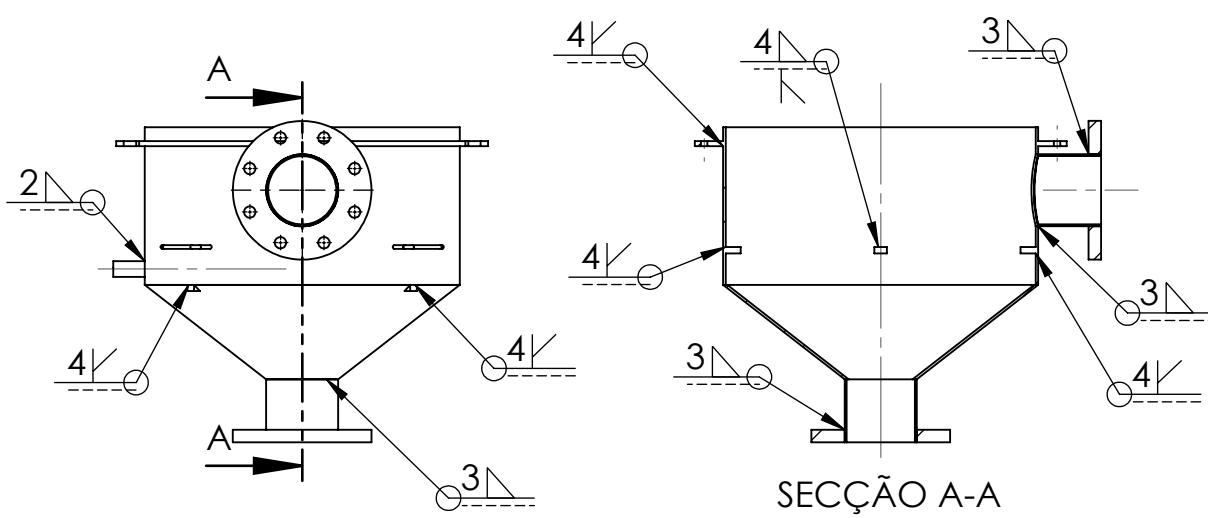
C

B

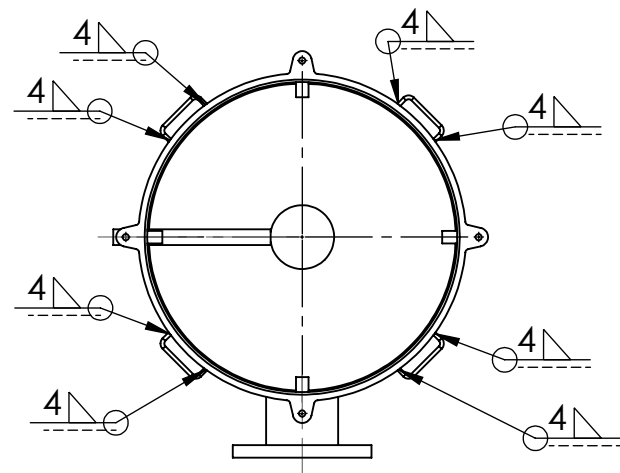
B

A

A



SECÇÃO A-A



ACABAMENTO:

SIMBOLOGIA DE SOLDADURA:
ISO 2553

REVISÃO:

	NOME	ASSINATURA	DATA
DESENHOU	Tiago Pedrosa		20/01/2017
VERIFICOU			
VALIDOU			
MFG			
Q.A			

TOLERÂNCIAS GERAIS: ISO 2768-mk
DESENHO TÉCNICO: ISO 128-21
MATERIAL: AISI 310S
PESO: 31 kg

PROJETO: Gaseificador
DESENHO Nº: Sub140
ESCALA: 1:12
FOLHA 2 DE 2

A4

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

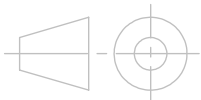
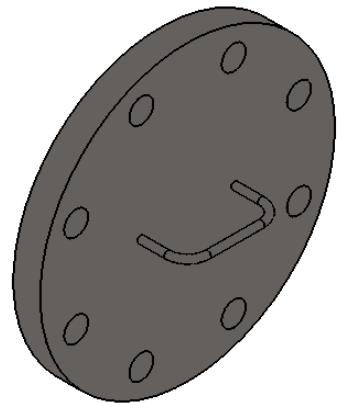
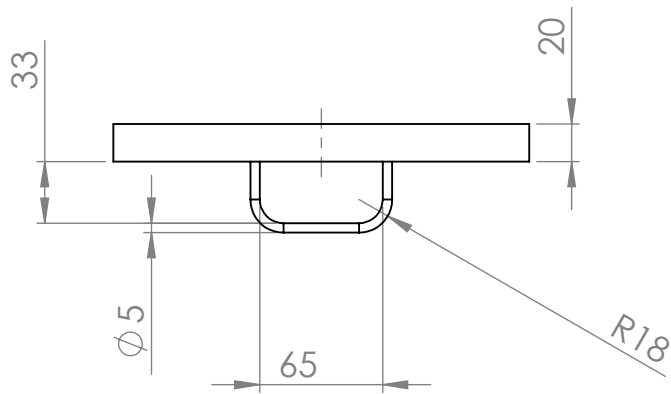
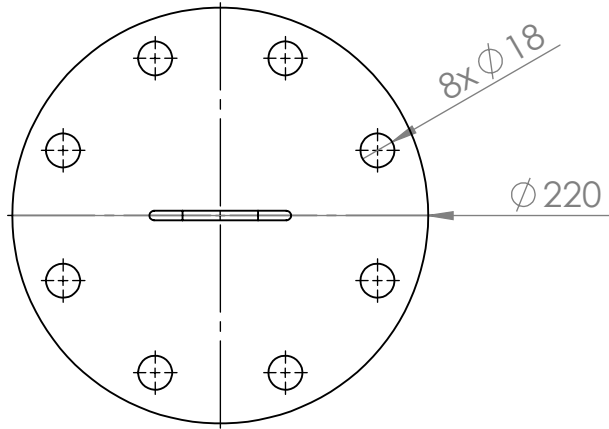
D

C

C

B

B



ACABAMENTO:

REVISÃO:

	NOME	ASSINATURA	DATA
DESENHOU	Tiago Pedrosa		20/01/2017
VERIFICOU			
VALIDOU			
MFG			
Q.A			

TOLERÂNCIAS GERAIS: ISO 2768-mk
DESENHO TÉCNICO: ISO 128-21
MATERIAL: AISI 310S
PESO: 6 kg

PROJETO: Gaseificador
DESNHO Nº: Sub150
ESCALA: 1:4
FOLHA 1 DE 2

A4

4

3

2

1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

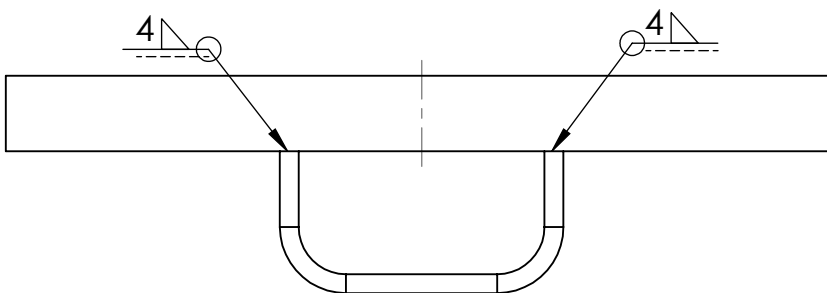
D

C

C

B

B



ACABAMENTO:

SIMBOLOGIA DE SOLDADURA:

ISO 2553

REVISÃO:

	NOME	ASSINATURA	DATA
DESENHOU	Tiago Pedrosa		20/01/2017
VERIFICOU			
VALIDOU			
MFG			
Q.A			

TOLERÂNCIAS GERAIS:
ISO 2768-mk

DESENHO TÉCNICO:
ISO 128-21

MATERIAL:
AISI 310S

PESO: 6 kg

PROJETO:
Gaseificador

DESENHO N°:
Sub150

A4

ESCALA:1:2

FOLHA 2 DE 2

4

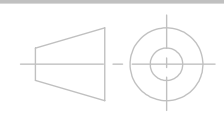
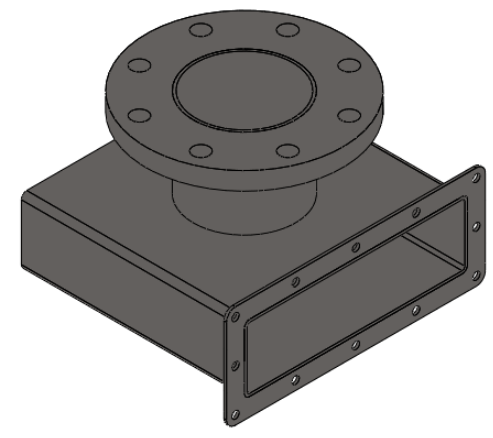
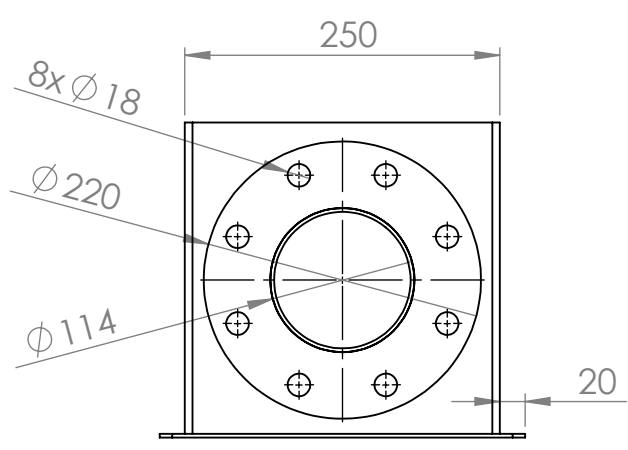
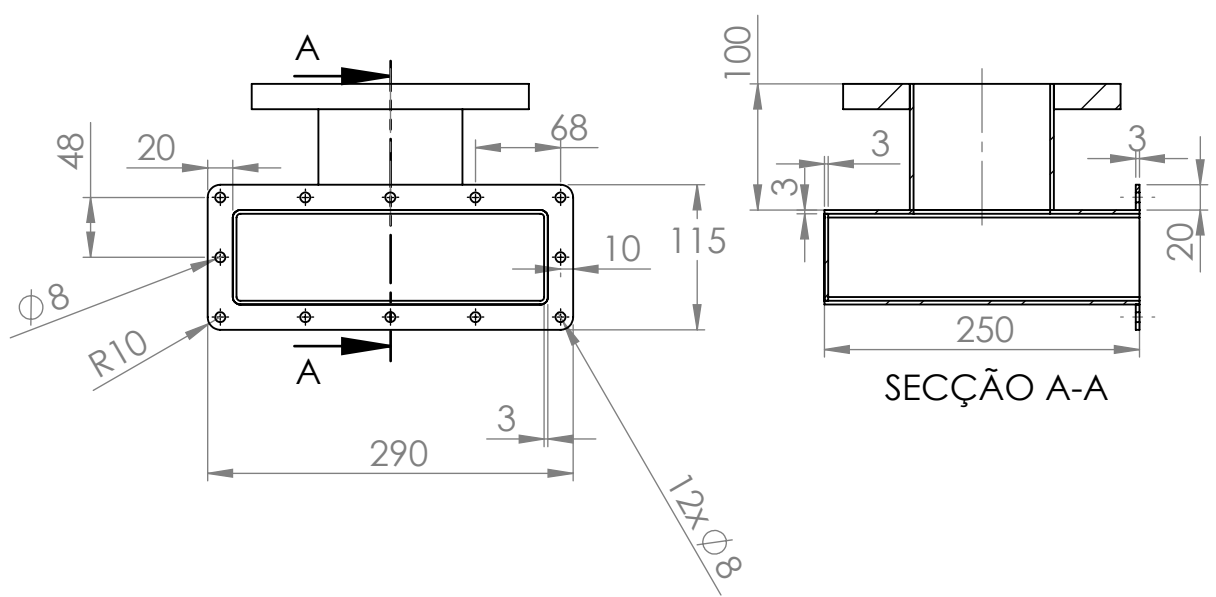
3

2

1

A

A



ACABAMENTO:

REVISÃO:

	NAME	ASSINATURA	DATA
DESENHOU	Tiago Pedrosa		20/01/2017
VERIFICOU			
VALIDOU			
MFG			
Q.A			

TOLERÂNCIAS GERAIS:	ISO 2768-mk
DESENHO TÉCNICO:	ISO 128-21
MATERIAL:	AISI 304
PESO:	9 kg

PROJETO:	<h1>Gaseificador</h1>	
DESENHO Nº:	<h2>Sub160</h2>	A4
ESCALA:	1:6	FOLHA 1 DE 2

4

3

2

1

F

E

D

C

B

A

F

E

D

C

B

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

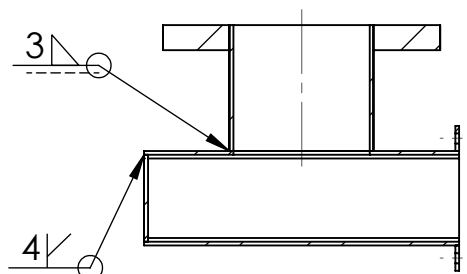
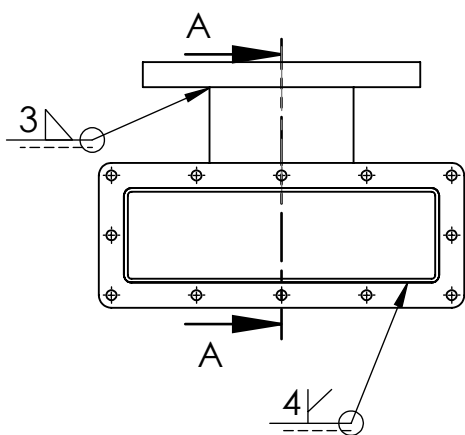
D

C

C

B

B



SECÇÃO A-A



ACABAMENTO:

SIMBOLOGIA DE SOLDADURA:

ISO 2553

REVISÃO:

	NOME	ASSINATURA	DATA
DESENHOU	Tiago Pedrosa		20/01/2017
VERIFICOU			
VALIDOU			
MFG			
Q.A			

TOLERÂNCIAS GERAIS:
ISO 2768-mk

DESENHO TÉCNICO:
ISO 128-21

MATERIAL:
AISI 304

PESO: 9 kg

PROJETO:

Gaseificador

DESENHO Nº:

Sub160

A4

ESCALA:1:6

FOLHA 2 DE 2

4

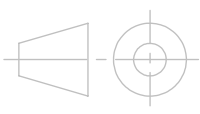
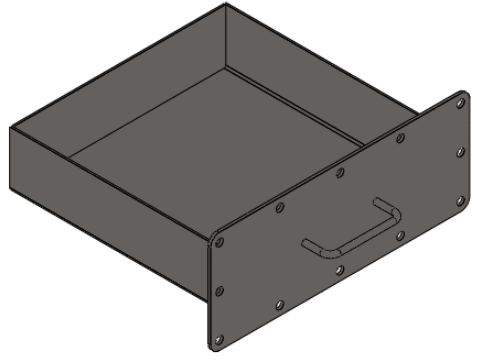
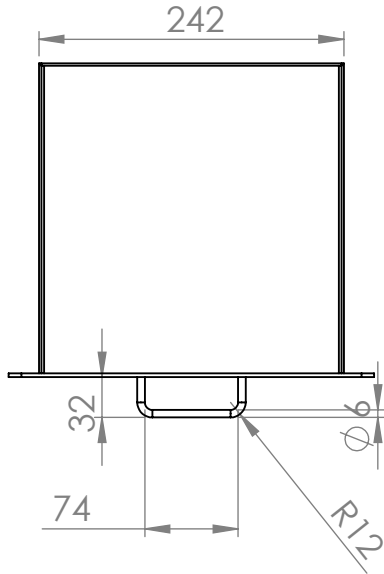
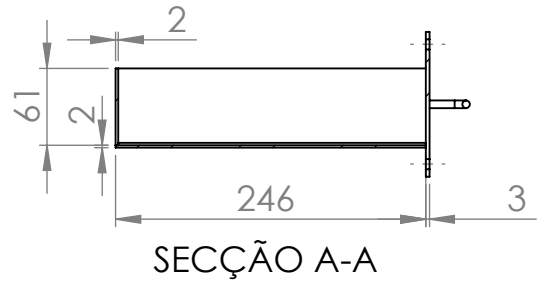
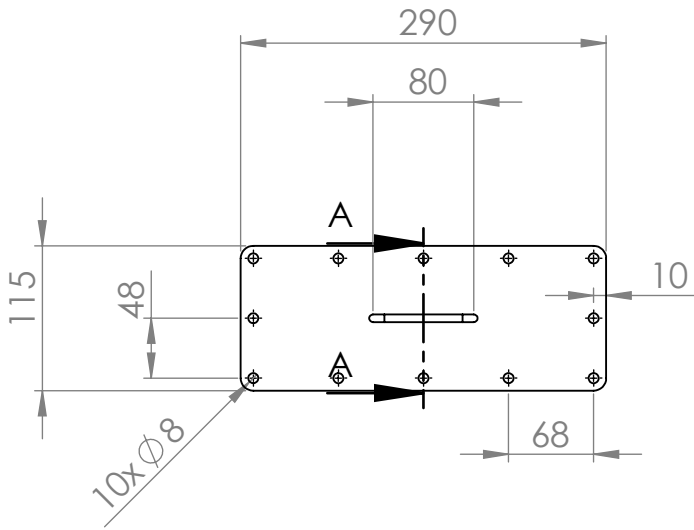
3

2

1

A

A



ACABAMENTO:

REVISÃO:

	NOME	ASSINATURA	DATA
DESENHOU	Tiago Pedrosa		20/01/2017
VERIFICOU			
VALIDOU			
MFG			
Q.A			

TOLERÂNCIAS GERAIS:	ISO 2768-mk
DESENHO TÉCNICO:	ISO 128-21
MATERIAL:	AISI 304
PESO:	2,5 kg

PROJETO:	Gaseificador	
DESENHO Nº:	Sub170	A4
ESCALA:	1:6	FOLHA 1 DE 2

F
E
D
C
B
A

F
E
D
C
B
A

4 3 2 1

4 3 2 1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

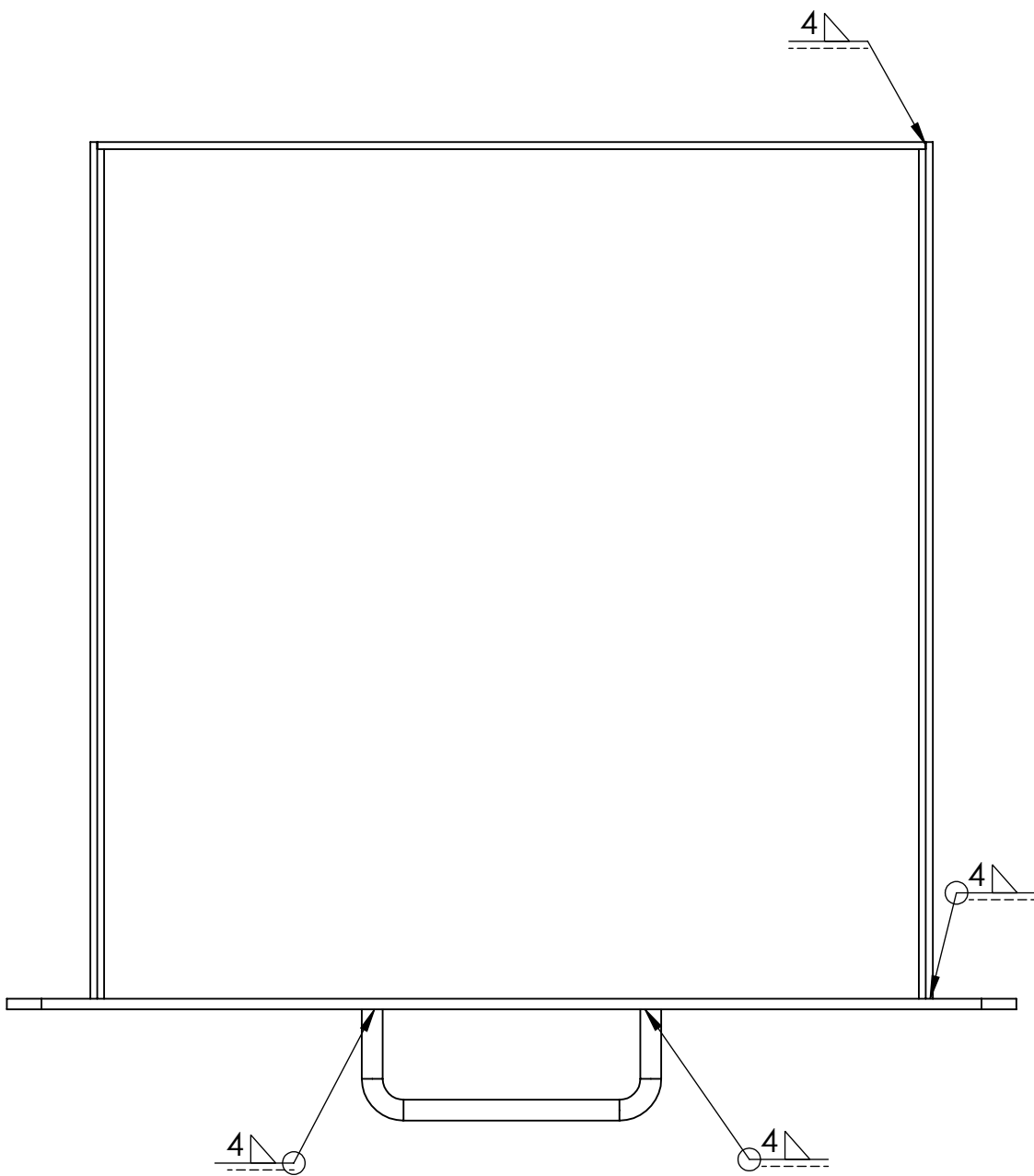
C

B

B

A

A



ACABAMENTO:

SIMBOLOGIA DE SOLDADURA:

ISO 2553

REVISÃO:

	NOME	ASSINATURA	DATA
DESENHOU	Tiago Pedrosa		20/01/2017
VERIFICOU			
VALIDOU			
MFG			
Q.A			

TOLERÂNCIAS GERAIS:
ISO 2768-mk

DESENHO TÉCNICO:
ISO 128-21

MATERIAL:
AISI 304

PESO: 2,5 kg

PROJETO:
Gaseificador

DESENHO N°:
Sub170

A4

ESCALA:1:2

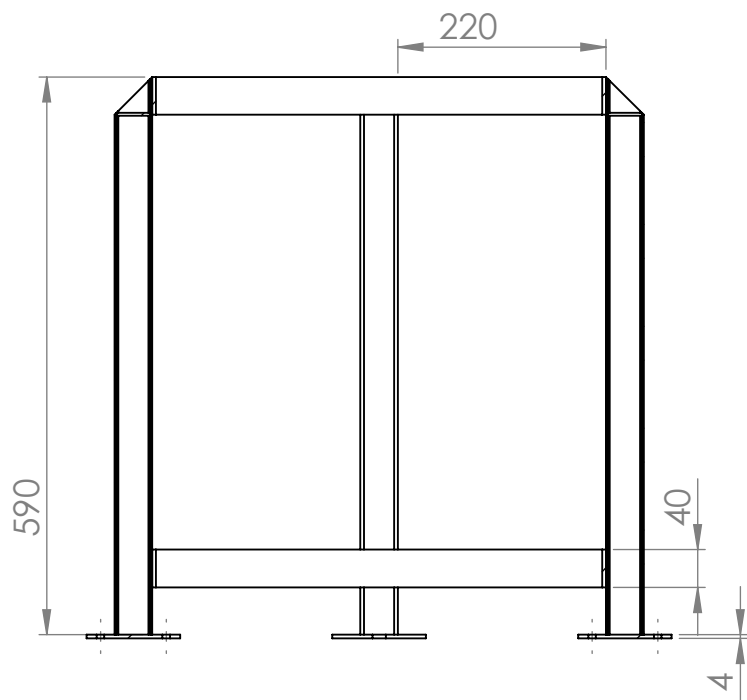
FOLHA 2 DE 2

4

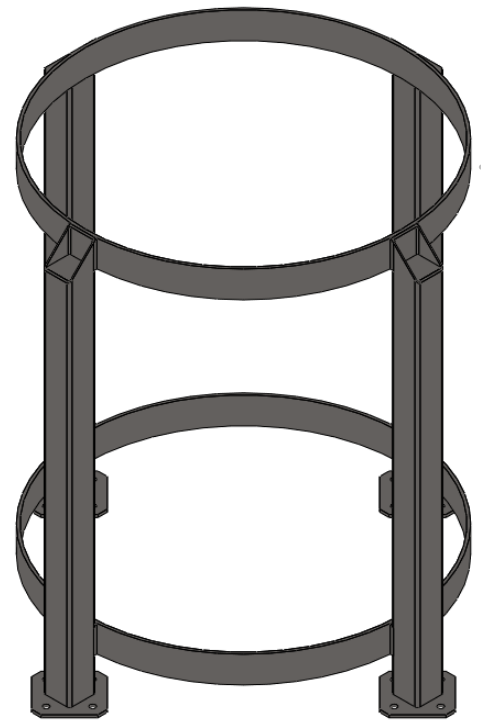
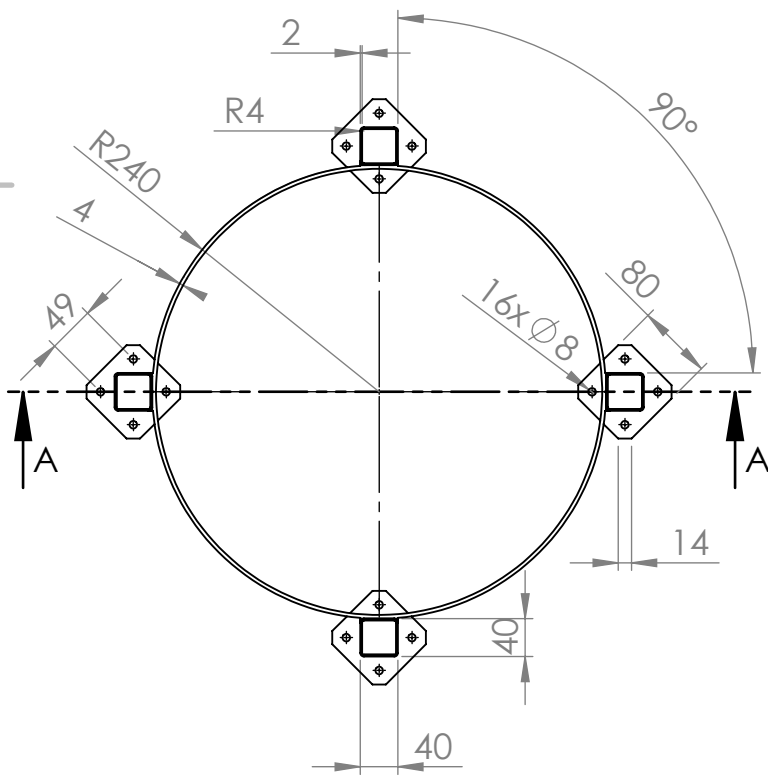
3

2

1



SECÇÃO A-A



ACABAMENTO:

REVISÃO:

	NOME	ASSINATURA	DATA
DESENHOU	Tiago Pedrosa		20/01/2017
VERIFICOU			
VALIDOU			
MFG			
Q.A			

TOLERÂNCIAS GERAIS:
ISO 2768-mk

DESENHO TÉCNICO:
ISO 128-21

MATERIAL:
AISI 304

PESO: 10 kg

PROJETO:

Gaseificador

DESENHO Nº:

Sub180

A4

ESCALA:1:8

FOLHA 1 DE 2

4

3

2

1

F

F

E

E

D

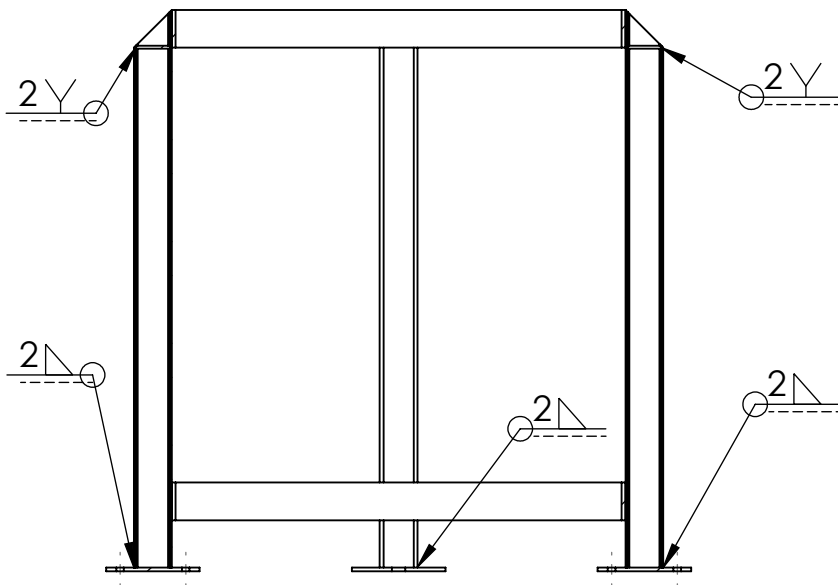
D

C

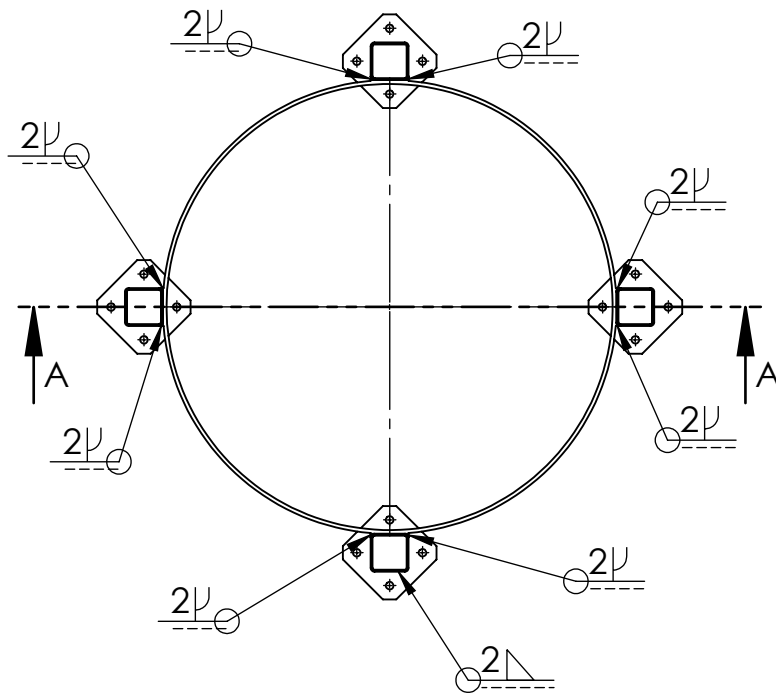
C

B

B



SECÇÃO A-A



ACABAMENTO:

SIMBOLOGIA DE SOLDADURA:

ISO 2553

REVISÃO:

	NOME	ASSINATURA	DATA
DESENHOU	Tiago Pedrosa		20/01/2017
VERIFICOU			
VALIDOU			
MFG			
Q.A			

TOLERÂNCIAS GERAIS:
ISO 2768 mk

DESENHO TÉCNICO:
ISO 128-21

MATERIAL:
AISI 304

PESO: 10 kg

PROJETO:

Gaseificador

DESENHO N°:

Sub180

A4

ESCALA:1:8

FOLHA 2 DE 2

4

3

2

1

A

A

ANEXO 6.4

ORÇAMENTOS

Termologia

Stainless & Steel Concepts

Aço inox e Aço Carbono

Rua 8 , número 8; Zona Industrial da Mota
3830-527 Gafanha da Encarnação



A/C: Tiago Pedrosa (Eng)

EncEnergy

R-DC-02

9 de fevereiro de 2017

Assunto: Orçamento nº 2882-17

V/ Ref.: Equipamento

Ex.mo(s). Sr(s)

Conforme consulta realizada por V/ Exa(s). ao nosso departamento comercial, que desde já agradecemos, passamos a indicar o nosso melhor preço para o fornecimento dos seguintes elementos:

Estrutura p/ gaseificador (8 subconjuntos) constituído por:

Chapa 10mm(inox AISI 310S)

Chapa 4mm(inox AISI 310S)

Chapa 3mm(inox AISI 310S)

Tubo 40x40x2mm(inox AISI 304)

Varão 6mm(inox AISI 304)

o nosso preço é de 2.245,95 € + IVA

Sem outro assunto.
Cumprimentos

Pedro da Graça Lopes

Forma de pagamento: 30 dias.

Notas: Proposta válida por 10 dias. Prazo de entrega a combinar. Material disponibilizado nas nossas instalações.



www.valcontrol.pt
www.facebook.com/valcontrol

Rua da Guarda, N° 635
4455-466 PERAFITA-MTS
Apartado 3060
4451-801 LEÇA DA PALMEIRA
+351 22 996 29 16
+351 22 996 29 19
geral@valcontrol.pt

Rua Quinta do Bom Retiro
N° 16 - Armazém 5
Vale Figueira – ALMADA
2820-476 CHARNECA DA CAPARICA
+351 21 274 99 80
+351 21 273 04 08
filial@valcontrol.pt

C.R.C.Porto/NIF 503 372 471
Capital social 500.000,00 €
IBAN: PT50 0010 0000 1784 2600 0013 6
SWIFT/BIC: BBPIPTPL
IBAN: PT50 0035 2066 0007 7278 4302 7
SWIFT/BIC: CGDIPTPL

valcontrol.sa



Tlf: 351 229962916/6206
Fax: 351 229962919
E-mail: geral@valcontrol.pt
www.valcontrol.pt

Feliz Ano
2017
Ano do galo

PROPOSTA DE VENDA Nº 1700425

<p>ENC POWER LDA</p> <p>At.: SR. TIAGO PEDROSA</p> <p>V/ Consulta: mail</p>	<p>De: João Rocha</p> <p>Fax: 229962919</p> <p>Email joao.rocha@valcontrol.pt</p> <p>Data: 18.01.2017</p>
--	---

Em resposta à v/ prezada consulta, apresentamos a nossa proposta para eventual fornecimento do seguinte material:

Referência	Designação	Qtd.	Preço Unit.€	Descontos	Preço Total €
ESV	VÁLVULAS DE GUILHOTINA TIPO "A" EM FUNDIÇÃO NODULAR GGG40/INOX304/NITRILO, PN10 DN100 C/ VOLANTE	3,00	154,29		462,87

Emitido por: JR

Software PHC - Processado por programa certificado nº 0006/AT (20161119)-Este documento não serve de fatura

Meio Expedição: O habitual
Cond.Entrega: N/ Instalações
Cond.Pag.Aprovada: A 30 Dias s/ desc.
Cliente s/ Crédito aprov.: P.P. ou outra após aprov.
Validade: 30 Dias
IVA a Incluir

Observações:
PRAZO DE ENTREGA - 2/3 SEMANAS

Proposta sujeita às nossas Condições Gerais de Venda disponíveis em www.valcontrol.pt

Página 1 de 1

Na expectativa das v/ estimadas notícias, queiram aceitar os n/ melhores cumprimentos,
Cordialmente,
João Rocha

Zona Industrial da Maia I, Sector IV
 Rua de Maria Custódia Pereira da Silva, 24
 Apartado 6080, Tecmaia
 4470-461 Moreira, Maia - PORTUGAL

tel. (+351) 229 478 710
 fax (+351) 229 478 719

info@importinox.com
 www.importinox.com

Orçamento	
Numero	Data
158358	19.01.2017

ENCPOWER,LDA

AVENIDA MANUEL VIOLAS 476

S.FELIX MARINHA

4410-136 S.FELIX DA MARINHA

Exmo(a) Sr.(a): Sr. Tiago Pedrosa

Agradecemos a v/consulta n.º

Conforme solicitado informamos cotação para:

Cliente	N.º Contribuinte
19455	508993032

Referência	Designação	Qtd.	UNI	Preço	Prazo	Total	IVA
0912171016140	PFS CIL SXT INT INOX A2 DIN 912 M16x140 Quant. minima caixa: 25un	0,25	100	196,077	1 a 2 semanas	49,02	23,0
0934171016000	PORCAS SXT INOX A2 DIN 934 M16	0,25	100	14,413	mediato	3,60	23,0
0125171016000	ANILHAS CHAPA INOX A2 DIN 125 M16	0,50	100	6,111	mediato	3,06	23,0
0127171016000	ANILHAS MOLA INOX A2 DIN 127 M16	0,50	100	5,817	mediato	2,91	23,0
0912171006050	PFS CIL SXT INT INOX A2 DIN 912 M6x50	0,12	100	7,364	mediato	0,88	23,0
0934171006000	PORCAS SXT INOX A2 DIN 934 M6	0,12	100	1,141	mediato	0,14	23,0
0125171006000	ANILHAS CHAPA INOX A2 DIN 125 M6	0,24	100	0,700	mediato	0,17	23,0
0127171006000	ANILHAS MOLA INOX A2 DIN 127 M6	0,24	100	0,525	mediato	0,13	23,0
NOTA IMPORTANTE: - PROPOSTA APRESENTADA EM INOX 304							

Software PHC - Processado por programa certificado n° 0006/AT (20161210)-Este documento não serve de fatura

Validade: 8 dias, sujeito a confirmação no acto da encomenda

Cond. pag.: 30 Dias

Entrega:

Soma:	59,91
Total de IVA:	13,78
TOTAL em EUROS:	73,69

Portes para PORTUGAL continental, por ENVIO:

Mais que 120,00€	GRÁTIS
Até 50 Kg	6,00 €
50 Kg a 100 Kg	10,00 €
Mais que 100 Kg	15,00 €

Por favor consultar para outros destinos

Chapas maiores que 2000x1000 mm sujeitas a sobretaxa de 3€

Na expectativa das v/pezadas noticias,
 subscrevêmo-nos atentamente.

Carlos Ribeiro

PARAFUSOS - CHAPA PERFURADA - GRADIL - METAL DISTENDIDO - SILICONES - PEÇAS ESPECIAIS



Este documento não serve de fatura nem confere direito à dedução do IVA

Por favor consultar Condições Gerais de Venda em WWW.IMPORTINOX.COM

Valor mínimo de encomenda: **5,00 euros + IVA**

Tiago Pedrosa

De: EMPATEC, LDA <geral@empatec.pt>
Enviado: 28 de julho de 2016 11:00
Para: Tiago Pedrosa
Assunto: RE: Cordão vedante para módulo catalítico
Anexos: FT_VFTC.pdf

Bom dia,

Na sequência do nosso contacto telefónico, enviamos cotação para:

1 ROLO DE FITA FIBRA DE VIDRO, REF. VFTC 25X5 MM
Preço: 0.52 Eur/metro (PP c/ 5% desc.)
Rolos: 25 m

Com os melhores cumprimentos,

A. Oliveira

De: Tiago Pedrosa [mailto:tiago.pedrosa@encenergy.com]
Enviada: quarta-feira, 27 de julho de 2016 09:59
Para: empatec@esoterica.pt
Assunto: RE: Cordão vedante para módulo catalítico

Bom dia,

Após visita do meu colega Bruno Vieira às vossas instalações, envio o material que necessitamos na fotografia em anexo.

Fornecem este tipo de material, ou podem nos indicar quem forneça? É um assunto muito urgente, por esse motivo pedia-lhe especial atenção.

Muito obrigado pela disponibilidade.

Com os melhores cumprimentos | Best regards,

Tiago Pedrosa
Engenheiro de Projeto
Project Engineer
M (+351) 938 328 630



[Google+](#) | [Linkedin](#) | [Youtube](#) | www.encenergy.com

Pense no meio ambiente antes de imprimir.
Please consider the environment before printing this email.

De: Tiago Pedrosa
Enviada: 26 de julho de 2016 11:51



ISOLAMENTOS INDUSTRIAIS
INDUSTRIAL INSULATIONS
WWW.CAPELAEFILHOS.COM

PROPOSTA COMERCIAL

Proposta Comercial N.º: PC0074-17
Data: 26-01-2017

Empresa: ENC Bioenergy, Lda
Morada: Av. Manuel Violas, 476
4410-136 S. Félix da Marinha
Portugal

Pessoa de Contacto: Eng.º Tiago Pedrosa.
Local Obra: Zona do Porto

Exmos. Senhores.

Agradecendo desde já a amabilidade da V/consulta serve o presente para remeter a V/Exas. a nossa melhor proposta para os trabalhos de isolamento térmico conforme v/email de 17-01-2017, e que passamos a descrever.

1. Especificações dos Trabalhos

1.1. Isolamento térmico de equipamento, conforme v/desenho.

2. Materiais a instalar

- 2.1. Isolamento térmico em manta de lã cerâmica com 25mm espessura, colocadas em 4 camadas, (perfazendo uma espessura total de isolamento de 100mm) e densidade de 128kg/m³.
- 2.2. Revestimento em alumínio L3003 H16 0,8mm de espessura.
- 2.3. Fixação através de parafusos 4,2x13mm em inox.

3. Quantidades a isolar

3.1. 1 unidade de equipamento.

4. Responsabilidade do Proponente

- 4.1. Fornecimento dos materiais;
- 4.2. Apresentação de certificados de conformidade dos materiais a utilizar e de acordo com as Normas da Comunidade Europeia em Vigor;
- 4.3. Despesas com a aplicação / montagem dos materiais pelas nossas equipas e qualquer mão-de-obra complementar necessária para a execução dos trabalhos.
- 4.4. Despesas com transportes, taxas sociais e seguros do pessoal.
- 4.5. Toda a maquinaria e ferramentaria necessária para a execução dos trabalhos propostos na nossa proposta.

5. Garantias

- 5.1. Materiais certificados de acordo com as exigências da boa arte.
- 5.2. Trabalho bem executado por trabalhadores especializados, que vão aplicar os materiais de acordo com o contratado e em concordância com as especificações CINI e legislação da Comunidade Europeia.



ISOLAMENTOS INDUSTRIAIS
INDUSTRIAL INSULATIONS
WWW.CAPELAEFILHOS.COM

PROPOSTA COMERCIAL

- 5.3. Cumprimento das exigências de qualidade dos trabalhos de isolamento industrial.
- 5.4. Todos os nossos trabalhos estão assegurados contra defeitos de montagem e problemas funcionais.
- 5.5. Empresa licenciada para trabalhos de isolamento - Alvará INCI 56190.
- 5.6. Seguro permanente de Responsabilidade Civil e Danos Contra Terceiros com capital de 500.000,00€
- 5.7. Empresa certificada no Sistema de Higiene e Segurança no Trabalho - Serviço Externo CISM Europe.
- 5.8. Empresa com mais de 20 anos de experiência no negócio do Isolamento Térmico Industrial com projetos intercontinentais já executados.
- 5.9. 24 Meses de garantia sobre os materiais utilizados e trabalhos de montagem executados.

6. Responsabilidade do Requerente

- 6.1. O compromisso de facultar os meios necessários para uma boa execução da obra;
- 6.2. A cedência das instalações desimpedidas;
- 6.3. Fornecimento de água, energia elétrica e lavabos nos locais de trabalho;
- 6.4. Local seguro, fechado à chave para armazenamento dos materiais e ferramentas.
- 6.5. Qualquer atraso no prazo de execução dos trabalhos estabelecido causado pelo incumprimento dos pontos acima mencionados
- 6.6. Meios de elevação, quando necessário.

7. Exclusões

- 7.1. As deteriorações motivadas por incúria de pessoas estranhas aos nossos trabalhos.
- 7.2. Todos os trabalhos que não estejam relacionados com a nossa atividade e que não constem da presente proposta.

8. Preços

- 8.1. Valor Global: 650,00€

9. Condições Gerais

- 9.1. No caso de distinguirem com a V/encomenda, solicitamos o obséquio de nos devolverem a aceitação do presente documento.

10. Valor Acrescentado IVA:

- 10.1. Lembramos V/Exas. de que os nossos produtos e serviços estão sujeitos a este imposto pelo que não consta nos preços propostos.

11. Prazos

- 11.1. Entrada em obra: a combinar
- 11.2. Prazo de execução: a combinar



ISOLAMENTOS INDUSTRIAIS
INDUSTRIAL INSULATIONS
WWW.CAPELAEFILHOS.COM

PROPOSTA COMERCIAL

12. Condições Comerciais

12.1. 60 dias

13. Validade

13.1. Esta proposta é válida por 60 (sessenta) dias, findos os quais poderá sofrer alterações.

Esperando satisfeitas as vossas pretensões e na expectativa das vossas prezadas notícias, somos com estima e consideração.

Melhores Cumprimentos

Gualter Capela
00351 968123312

Capela & Filhos, Lda
Industrial Insulations
www.capelaefilhos.com