



# Contentor Térmico Redondo para Transporte de Asfalto

**PAULO VINICIUS BORGES LOPES**

novembro de 2018

## **CONTENTOR TÉRMICO REDONDO PARA TRANSPORTE DE ASFALTO**

Paulo Vinicius Borges Lopes  
1060787

2018  
Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO  
DO PORTO

isep

## **CONTENTOR TÉRMICO REDONDO PARA TRANSPORTE DE ASFALTO**

Paulo Vinicius Borges Lopes  
1060787

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 Gomes da Silva e coorientação do Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, Professores Adjuntos do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP.

2018  
Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO  
DO PORTO

isep

## JÚRI

Presidente

Doutora Olga Maria Coutinho Paiva

Professora Coordenadora, 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, Universidade de Aveiro



## **AGRADECIMENTOS**

Os meus sinceros agradecimentos ao Doutor Francisco Gomes da Silva por todo o ensinamento e conhecimento passado, não só durante esta dissertação, mas principalmente em todas as disciplinas em que fui seu aluno durante a licenciatura e mestrado. Hoje verifico que tudo o que aprendi, foi e é muito importante, tanto para a minha carreira académica como para a minha carreira profissional.

Ao meu coorientador Doutor Raúl Campilho, por toda a disponibilidade, ajuda e interesse demonstrado pelo meu trabalho.

Ao Eng. João Pinho, por todo o conhecimento passado em modelação 3D, onde reconheço a elevada importância no meu percurso profissional e académico.

À empresa Basmorais, por acreditar nas minhas capacidades de realizar um trabalho capaz de corresponder às necessidades e exigências requeridas. A todos os colegas de trabalho, pois sem eles não seria possível a realização da produção deste e outros produtos. A experiência que me transmitem nos processos de fabrico, bem como o conhecimento de lidar com as dificuldades na produção, foram e são muito importantes para desempenhar as minhas funções na Basmorais, tendo sido bastante gratificante poder trabalhar com todos e conseguir ultrapassar os obstáculos.

Ao cliente senhor Luís Lopes, pela cooperação e confiança do trabalho desenvolvido na Basmorais.

Agradeço imensamente aos meus pais, avós e irmãos por todo o incentivo, disponibilidade e valores transmitidos durante todo o meu percurso escolar, pessoal e profissional. À minha esposa e companheira, por toda a compreensão, disponibilidade e ajuda desde que nos conhecemos.



## **PALAVRAS CHAVE**

Transporte; Veículo Pesado de Mercadorias; Contentor Térmico; Asfalto; Gancho Porta Contentores; Berço Porta Contentores; Poli-basculante; Intermutável; *Design Ambiental*.

## **RESUMO**

O transporte condicionado de asfalto em países em que a temperatura atinge valores negativos, necessita ser realizado em caixas com revestimento, para diminuir a perda térmica. A temperatura da matéria final misturada (asfalto betuminoso com gravilha) não pode diminuir significativamente com o transporte para o local desejado de descarga. As viaturas destinadas ao transporte de asfalto realizam os trajetos da central de produção até ao local desejado e, é neste tempo de circuito, onde a perda térmica é maior.

Tanto nos veículos como nas caixas para transporte de mercadorias, a evolução é constante. Para além disso, o crescente número de veículos e estradas pavimentadas com asfalto exige novas soluções e melhorias.

O modelo e formato de contentor existente é utilizado há mais de uma década e, com vista a melhorar e remodelar alguns aspetos importantes, desenvolveu-se este novo projeto, em conjunto com a empresa e o cliente transportador.

O projeto da dissertação aqui apresentado, foi desenvolvido na empresa Basmorais - Fábrica de Carroçarias e Basculantes, Lda com vista a ter um produto de melhor qualidade, não só para o cliente, mas também para conseguir melhorias na conceção, tendo ao mesmo tempo preocupações ambientais.

Neste trabalho, comparou-se o novo modelo com um modelo anteriormente desenvolvido relativamente à capacidade de carga, tendo-se conseguido uma maior capacidade de carga por viagem e também redução do consumo de combustível.

Com um *design* ambiental, foi possível obter um produto com melhores características mecânicas, com uma vida útil mais prolongada e, mais importante ainda, possibilitando ao cliente realizar menos trajetos no transporte de asfalto, poluindo menos.



**KEYWORDS**

*Transportation; Heavy Transports; Thermal Container; Asphalt; Ampliroll; Hookloader; Hooklift; Interchangeable; Ecodesign.*

**ABSTRACT**

The transport of asphalt in countries where the temperatures can be very low is necessary to be carried out in boxes with coating, in order to reduce thermal loss. The temperature of the final mixed matter (asphalt bituminous with gravel) cannot significantly decrease during the transportation to the desired discharge site. The transport of asphalt from the production plant to the destination is carried out by proper vehicles. It is during this drive that the thermal loss is bigger.

The evolution is constant both in vehicles and in freight boxes. In addition, the growing number of vehicles and roads paved with asphalt, requires innovative solutions and improvements.

The template and format of the existing container for asphalt transport has been used for more than a decade. To improve and remodel some important aspects, this new project has been developed together with the firm and the client's desires.

The project of this dissertation was developed in the "Basmorais - Fábrica de Carroçarias e Basculantes, Lda." company, in order to obtain a product with better quality, not only for the customer, but also to obtain improvements in the conception, and taking into account the environment concerns.

This work compares a new model of a container developed, with respect to another one previously developed, increasing the load capacity for the vehicle. This allows more payload per trip and also reduces the fuel consumption for the vehicle.

With an Ecodesign, it was, therefore, possible to obtain a product with better mechanical characteristics, a longer lifespan and, even more important, enable the customer to perform fewer drives transporting asphalt and thus, polluting less.



## LISTA DE ABREVIATURAS, UNIDADES E SÍMBOLOS

### Lista de Abreviaturas

Aprox.	Aproximadamente
Art.º	Artigo
BOM	<i>Bill of Materials</i> (Lista de Materiais)
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Desenho Assistido por Computador)
CAE	<i>Computer Aided Engineering</i> (Engenharia Assistida por Computador)
CD	<i>Compact Disc</i> (Disco Compacto)
CE	Comissão Europeia
CH	Suíça
CMA	<i>Cold-Mix Asphalt</i> (Mistura de Asfalto a Frio)
Cond.	Condutividade
CUE	Conselho da União Europeia
DEE	Distância entre os eixos
DE	Alemanha
DFA	<i>Design for Assembly</i>
DFM	<i>Design for Manufacturing</i>
DFMA	<i>Design for Manufacturing and Assembly</i>
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i> (Instituto Alemão para Normalização)
DL	Decreto-Lei
ES	Espanha
Fc	Força do cilindro
FEA	<i>Finit Elements Analysis</i> (Análise por Elementos Finitos)
FOS	<i>Factor of Safety</i> (Fator de Segurança)
FR	França
GFRP	<i>Glass Fiber Reinforced Polymer</i> (Polímero Reforçado com Fibra de Vidro - PRFV)
HB	<i>Hardness Brinell</i> (Dureza de Brinell – Método de medição de dureza)
HMA	<i>Hot Mineral Asphalt</i> (Asfalto Mineral à Quente)
IM	Índice de Mérito
IMT	Instituto da Mobilidade e do Transporte
Imp.	Importância
IPN	Perfil de aço ao carbono em forma de I
ISBN	<i>International Standard Book Number</i> (Número internacional normalizado para livros, abreviatura utilizada em 5.BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO)
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional para a Estandarização)

---

ISSN	<i>International Standard Serial Number</i> (Número Internacional Normalizado das Publicações em Série, abreviatura utilizada em 5.BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO)
L	Comprimento
MBD	<i>Model Based Definition</i> (Definição do modelo-Base)
MEF	Método de Elementos Finitos
M	Momento torsor ou binário
P	Pressão
PA 6	Poliamida tipo 6
PME	Pequena e Média Empresa
PMI	<i>Product and Manufacturing Information</i>
PT	Portugal
RAP	<i>Recycled Asphalt Pavement</i> (Asfalto Reciclado)
SWOT	<i>Strenght, Weakness, Opportunities and Threatned</i>
Ref.	Referência
REST.	Restrições
Tér.	Térmica
UE	União Europeia

---

---

**Lista de Unidades**

---

'	Pé (1 pé = 0,3048 m)
°C	Grau Celsius
A	Área
Ao	Área de um círculo
%	Porcentagem, de cem
bar	Unidade de pressão (1 bar = 0,1 MPa)
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico
g ou gr	Gramma
GPa	Giga Pascal
kg	Quilograma
km	Quilómetro
km/h	Quilómetro por hora
kWh	Kilowatt hora
l	Litro
m	Metro
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
mm	Milímetro
mm <sup>2</sup>	Milímetro quadrado
m/s <sup>2</sup>	Metro por segundo quadrado
MPa	Mega Pascal
N	Newton
N.m	Newton metro
s	Segundo
t	Tonelada

---

## Lista de Símbolos

%	Porcentagem, de cem
↑	Quanto maior, melhor
↓	Quanto menor, melhor
+	Símbolo matemático da adição
-	Símbolo matemático da subtração
≈	Aproximadamente ou resultado aproximado
$\nu$	Coefficiente de Poisson (Adimensional)
$\pi$	Pi = 3,14 (Adimensional)
$\rho$	Massa volúmica
$\sigma_{ced.}$	Tensão de cedência [MPa]
$\sigma_{rot.}$	Tensão de rotura [MPa]
$\nu$	Coefficiente de Poisson (Adimensional)
2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
A <sub>1</sub>	Linha de montagem hidráulica de admissão 1
A <sub>2</sub>	Linha de montagem hidráulica de admissão 2
Al	Alumínio
B <sub>1</sub>	Linha de montagem hidráulica de recuo 1
B <sub>2</sub>	Linha de montagem hidráulica de recuo 2
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
E	Módulo de Elasticidade (GPa), ou <i>Young's Modulus</i> , em inglês
G	Módulo de Rigidez (GPa)
K <sub>IC</sub>	Tenacidade à Fratura ( <i>Fracture Toughness</i> ) [MPa × m <sup>1/2</sup> ]
M <sub>1</sub>	Resistência Específica
Ni	Níquel
NO <sub>x</sub>	Óxidos de Azoto
NO <sub>2</sub>	Dióxido de Azoto
NO	Monóxido de Azoto
Ti	Titânio
€	Euro, Moeda

**GLOSSÁRIO DE TERMOS**

---

<i>Ampliroll</i>	
<i>Poli-basculante</i>	Equipamento com gancho para carga, descarga e basculamento de caixas/contentores com rolos
<i>Hooklift</i>	
<i>Hookloader</i>	
<i>Bonded</i>	Superfícies juntas ou coladas, como se fossem parte integrante uma da outra
<i>Design</i>	Estilo, formato, funcionalidade, processo de concepção de algo, projetar, desenvolver, conceber
<i>Chassis</i>	Estrutura que suporta algo (o mesmo que Quadro)
<i>Kit</i>	Conjunto de ferramentas ou artigos para uma mesma função, utilidade ou atividade
<i>Monocoque</i>	Tipo de construção (como de uma fuselagem) em que a “pele” exterior carrega todas ou a maior parte das tensões
<i>Resistência</i>	Capacidade do material para suportar cargas sem se deformar plasticamente. Pode ser determinado através do ensaio de tração, sendo designada pelo símbolo $\sigma_{ced}$ como tensão de cedência
<i>Rigidez</i>	Capacidade que o material oferece a deixar-se deformar na zona elástica
<i>Setup</i>	Configuração, organização, disposição ou afinação de parâmetros de uma máquina ou posto de trabalho
<i>Stock</i>	Produtos, componentes ou matéria-prima que esteja armazenada ou guardada
<i>Resiliência / Tenacidade à Fratura</i>	Capacidade de um material resistir a quedas e impactos, e de resistir à propagação de fissuras. Pode calcular-se através da energia absorvida num ensaio de impacto IZOD ou Charpy
<i>Tensão de Cedência</i>	Máxima tensão que um material é capaz de suportar no seu domínio elástico

---



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - EXEMPLO DE DESCARGA DO ASFALTO PARA A MÁQUINA PAVIMENTADORA [5]	3
FIGURA 2 - METODOLOGIA DO TRABALHO DESENVOLVIDO	4
FIGURA 3 - EVOLUÇÃO DOS TRANSPORTES NA UE [8]	9
FIGURA 4 - A) PRIMEIRA VIATURA DE MERCADORIAS COM MOTOR DE INJEÇÃO A GASÓLEO PRODUZIDA EM 1924 [15] E B) AUTOMÓVEL "MODEL T" E HENRY FORD [16]	10
FIGURA 5 - EXEMPLO DE UMA AUTOESTRADA RODOVIÁRIA	11
FIGURA 6 - DIVISÃO MODAL DO TRANSPORTE DE MERCADORIAS (PERCENTAGEM EM TONELADAS POR QUILOMETRO) [17]	11
FIGURA 7 - EXEMPLO DA EVOLUÇÃO DE VEÍCULOS PESADOS DE MERCADORIAS, A) L1111, B) ACTROS E C) AROCS [19]	12
FIGURA 8 - EXTENSÃO DE AUTOESTRADAS EM KM [22]	14
FIGURA 9 - NÚMERO DE VEÍCULOS DE MERCADORIAS REGISTRADOS (EM MILHARES) [22]	14
FIGURA 10 - EXEMPLO DE UMA VIATURA CLASSE M1 [26]	18
FIGURA 11 - EXEMPLO DE UMA VIATURA CLASSE M2 [19]	18
FIGURA 12 - EXEMPLO DE UMA VIATURA CLASSE M3 [19]	18
FIGURA 13 - EXEMPLO DE UMA VIATURA CLASSE N1 (AUTORIA PRÓPRIA)	18
FIGURA 14 - EXEMPLO DE UMA VIATURA CLASSE N2 (AUTORIA PRÓPRIA)	18
FIGURA 15 - EXEMPLO DE UMA VIATURA CLASSE N3 [27]	19
FIGURA 16 - EXEMPLO DE UMA VIATURA CLASSE O1 [24]	19
FIGURA 17 - EXEMPLO DE UMA VIATURA CLASSE O2 [24]	19
FIGURA 18 - EXEMPLO DE UMA VIATURA CLASSE O3 [26]	19
FIGURA 19 - EXEMPLO DE UMA VIATURA CLASSE O4 (AUTORIA PRÓPRIA)	19
FIGURA 20 - EXEMPLO DE REBOQUES ESPECIAIS [28]	20
FIGURA 21 - EXEMPLO DE UMA VIATURA AUTOCARAVANA [26]	20
FIGURA 22 - EXEMPLO DE UMA VIATURA AMBULÂNCIA [29]	20
FIGURA 23 - EXEMPLO DE UMA VIATURA FUNERÁRIA [24]	20
FIGURA 24 - EXEMPLO DE UM VEÍCULO PESADO 6X4 DE 26 T DE PESO BRUTO MÁXIMO, A) VISTA LATERAL E B) VISTA SUPERIOR (AUTORIA PRÓPRIA)	21
FIGURA 25 - EXEMPLO DE VIATURA COM 2 EIXOS 4X2 E DE 19 T DE PESO BRUTO MÁXIMO ADMISSÍVEL (AUTORIA PRÓPRIA)	22
FIGURA 26 - EXEMPLO DE VIATURA COM 3 EIXOS DE 6X4 E DE 26 T DE PESO BRUTO MÁXIMO (AUTORIA PRÓPRIA)	22
FIGURA 27 - EXEMPLO DE VIATURA COM 4 EIXOS 8X4 DE 32 T DE PESO BRUTO MÁXIMO (AUTORIA PRÓPRIA)	22
FIGURA 28 - EXEMPLO DE UMA VIATURA RÍGIDA COM 5 EIXOS 10X4 DE 40 T DE PESO BRUTO MÁXIMO (AUTORIA PRÓPRIA)	22
FIGURA 29 - EXEMPLO DE UM VEÍCULO TRATOR SEMIRREBOQUE (AUTORIA PRÓPRIA)	23
FIGURA 30 - QUINTA RODA ( <i>FIFTH WHEEL</i> ) A) EQUIPADA EM UM VEÍCULO (AUTORIA PRÓPRIA) E B) EXEMPLO DE UM FABRICANTE [34]	23

FIGURA 31 - PINO DE ENGATE DE UM SEMIRREBOQUE ( <i>KING PING</i> ) A) PROJETO DE UM SEMIRREBOQUE COM O PINO (AUTORIA PRÓPRIA) E B) EXEMPLO DE UM FABRICANTE [35]	23
FIGURA 32 - EXEMPLO DO CÁLCULO DE UMA REPARTIÇÃO DE CARGAS (AUTORIA PRÓPRIA)	24
FIGURA 33 - EXEMPLO EM CORTE DE UMA VIA RODOVIÁRIA COM ASFALTO (ADAPTADO DE [38])	25
FIGURA 34 - EXEMPLO DE MEDIÇÃO DA TEMPERATURA NO MOMENTO DE CARGA DO ASFALTO (ADAPTADO DE [42])	26
FIGURA 35 - LEITURA DA TEMPERATURA DO ASFALTO NO MOMENTO DA DESCARGA PARA A MÁQUINA PAVIMENTADORA (ADAPTADO DE [42])	26
FIGURA 36 - A) EXEMPLO DE UMA DESCARGA DE ASFALTO PARA A MÁQUINA PAVIMENTADORA B) VISTA DA MÁQUINA PAVIMENTADORA DEPOIS DA DESCARGA (AUTORIA PRÓPRIA)	26
FIGURA 37 - EXEMPLO DE UMA CAIXA BASCULANTE EM DESUSO PARA TRANSPORTE DE ASFALTO [43]	27
FIGURA 38 - CONTENTOR PARA CAIXA BASCULANTE A) ESQUEMA E B) EXEMPLO	28
FIGURA 39 - CONTENTOR PARA SISTEMA DE CABOS E CORRENTES (LIFT-OFF) A) ESQUEMA E B) EXEMPLO	28
FIGURA 40 – CONTENTOR PARA SISTEMA POLI-BASCULANTE ( <i>AMPLIROLL OU HOOKLIFT</i> ) A) ESQUEMA E B) EXEMPLO	28
FIGURA 41 - CONTENTOR BASCULANTE A) ESQUEMA E B) EXEMPLO (AUTORIA PRÓPRIA)	28
FIGURA 42 - ESQUIÇO DO CARRO MINI REALIZADO PELO <i>DESIGNER</i> ALEC ISSIGONIS EM 1959 [45]	29
FIGURA 43 - ESQUEMA DE SOLUÇÕES QUE PERMITAM PASSAR DO PROJETO PARA O PRODUTO FINAL (ADAPTADO DE [48])	29
FIGURA 44 - GRÁFICO DO CURSO DE <i>DESIGN</i> NUM PROJETO (ADAPTADO DE [33])	30
FIGURA 45 - PROCESSOS DFA E DFM [52]	30
FIGURA 46 - GRUPOS DOS MATERIAIS DE ENGENHARIA [51]	31
FIGURA 47 - EXEMPLO DE MATERIAIS E ALGUMAS DAS SUAS PROPRIEDADES [48]	31
FIGURA 48 - COMBINAÇÃO DE PROPRIEDADES QUE CARACTERIZAM O DESEMPENHO PARA UMA DADA APLICAÇÃO [48]	31
FIGURA 49 - GRÁFICO DE MATERIAIS, CORRELAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE COM A MASSA VOLÚMICA [51]	33
FIGURA 50 - EXEMPLO DO FATOR PESO DAS PROPRIEDADES DE MATERIAIS [48]	34
FIGURA 51 - EXEMPLO DE UMA PONDERAÇÃO DAS PROPRIEDADES DOS MATERIAIS [48]	34
FIGURA 52 - EXEMPLO DO CÁLCULO DOS ÍNDICES DE MÉRITO [48]	35
FIGURA 53 - EXEMPLO DA ANÁLISE DOS ÍNDICES DE DESEMPENHO OBTIDOS [48]	35
FIGURA 54 - EXEMPLO DE UM ESQUEMA DE DECISÃO CRIADA PARA O <i>ECODESIGN</i> NAS DIFERENTES FASES DO DESIGN	37
FIGURA 55 - ALGUNS EXEMPLOS DE LOGÓTIPOS/ETIQUETAS DISPONÍVEIS COM APELO ECOLÓGICO [59]	37
FIGURA 56 - A) EXEMPLO DE UM GUINCHO DE ELEVAÇÃO, EM VISTA EXPLODIDA, IDEALIZADO POR LEONARDO DA VINCI EM 1509 [67] E B) EXEMPLO DE UMA MESA DE DESENHO COM POSSIBILIDADE DE DIGITALIZAR PARA O COMPUTADOR, DE 1965 [68]	38
FIGURA 57 - A) EXEMPLO DE UM DESENHO 2D DO ANO DE 2000 [70] E B) EXEMPLO DE DESENHO 3D REALIZADO RECENTEMENTE [71]	39
FIGURA 58 - EXEMPLO DE CONSULTA DIGITAL NA PRODUÇÃO [72]	39
FIGURA 59 - TABELA DE SELEÇÃO DO PROCESSO DE FABRICO [76]	41

FIGURA 60 - EXEMPLO DE UMA SECÇÃO COM MALHA DE ELEMENTOS FINITOS: A) MALHA GROSSEIRA COM 41 ELEMENTOS E B) MALHA MAIS REFINADA, COM 192 ELEMENTOS [77]	42
FIGURA 61 - EXEMPLO DE UMA SIMULAÇÃO REALIZADA NO SOLIDWORKS® A) COM MALHA STANDARD E B) COM REFINAMENTO DA MALHA NO LOCAL CRÍTICO [82]	43
FIGURA 62 - ORGANIGRAMA DA EMPRESA BASMORAIS	47
FIGURA 63 - EXEMPLO DE UM CONTENTOR TÉRMICO PARA ASFALTO JÁ FABRICADO, A) VISTA TRASEIRA, B) VISTA FRONTAL (AUTORIA PRÓPRIA)	48
FIGURA 64 - PROJETO DO <i>MONOCOQUE</i> DO CONTENTOR JÁ FABRICADO, A) VISTA TRASEIRA B) VISTA DO FUNDO (AUTORIA PRÓPRIA)	48
FIGURA 65 - MONTAGEM MONOCOQUE DO CONTENTOR EXISTENTE, A) VISTA FRONTAL, B) VISTA TRASEIRA (AUTORIA PRÓPRIA)	48
FIGURA 66 - ESQUIÇO DO FORMATO DOS LATERAIS E FUNDO (AUTORIA PRÓPRIA)	49
FIGURA 67 - ESQUIÇO DA VISTA EM CORTE COM LONGARINAS (AUTORIA PRÓPRIA)	49
FIGURA 68 - ESQUIÇO DO PORMENOR DA CALHA DO LASTRO COM A LONGARINA (AUTORIA PRÓPRIA)	50
FIGURA 69 - ESQUIÇO DA PORTA E PORTINHOLAS (AUTORIA PRÓPRIA)	50
FIGURA 70 - DESENHO CAD 3D DO FORMATO IDEALIZADO (AUTORIA PRÓPRIA)	50
FIGURA 71 - VISTA LATERAL DO DESENHO CAD IDEALIZADO (AUTORIA PRÓPRIA)	50
FIGURA 72 - CÁLCULO DA REPARTIÇÃO DE CARGAS ATRAVÉS DO PROGRAMA TRAILERWIN® (AUTORIA PRÓPRIA)	57
FIGURA 73 - VISTA EM PERSPETIVA DO FUNDO/LATERAIS E FRENTE A) VISTA EXPLODIDA E B) VISTA EM CONJUNTO (AUTORIA PRÓPRIA)	58
FIGURA 74 - VISTA EM PERSPETIVA DAS MOLDURAS EXTERIORES A) EXPLODIDA E B) EM CONJUNTO (AUTORIA PRÓPRIA)	58
FIGURA 75 - PORMENOR DO ESPAÇO PARA APLICAÇÃO DO ISOLAMENTO TÉRMICO (AUTORIA PRÓPRIA)	58
FIGURA 76 - MODELAÇÃO DE CALHAS, PRUMOS, TRAVESSAS SUPERIORES E INFERIORES A) VISTA EXPLODIDA E B) CONJUNTO (AUTORIA PRÓPRIA)	59
FIGURA 77 – PORTA DO TETO A) VISTA EXPLODIDA E B) VISTA EM CONJUNTO (AUTORIA PRÓPRIA)	59
FIGURA 78 - VARANDIM DE ACESSO COM SEGURANÇA A) LEVANTADO E B) AO BAIXO (AUTORIA PRÓPRIA)	59
FIGURA 79 - MODELAÇÃO DA PORTA TRASEIRA A) VISTA EXPLODIDA E B) VISTA DO CONJUNTO (AUTORIA PRÓPRIA)	60
FIGURA 80 - EXEMPLO DE DESCARREGAMENTO DO ASFALTO ATRAVÉS DAS PORTINHOLAS MANUAIS [44]	60
FIGURA 81 - EXEMPLOS DE DESGASTE ELEVADO NO VEIO DE ENGATE DO GANCHO (AUTORIA PRÓPRIA)	61
FIGURA 82 - VEIO DE ENGATE ANTIGO A) PROJETO E B) EM PRODUÇÃO (AUTORIA PRÓPRIA)	61
FIGURA 83 - MODELAÇÃO DO NOVO VEIO DE ENGATE, PARA FÁCIL SUBSTITUIÇÃO A) VISTA EXPLODIDA E B) VISTA CONJUNTO (AUTORIA PRÓPRIA)	61
FIGURA 84 - VISTA DA ESTRUTURA DO CHASSIS EM MODELAÇÃO 3D A) VISTA EXPLODIDA E B) VISTA EM CONJUNTO (AUTORIA PRÓPRIA)	62
FIGURA 85 – MODELAÇÃO FINAL 3D DA VIATURA E EQUIPAMENTO <i>HOOKLIFT</i> COM O CONTENTOR TÉRMICO REDONDO A) VISTA EM PERSPETIVA DA VIATURA COM <i>HOOKLIFT</i> , B) VIATURA E	

CONTENTOR PRONTO PARA CARREGAMENTO, C) ENCAIXE DO GANCHO NO VEIO DE ENGATE, D) LEVANTAMENTO E APOIO DO CONTENTOR NO <i>HOOKLIF</i> , E) ENCAIXE DO CONTENTOR NA HORIZONTAL, F) CARREGAMENTO FINALIZADO PARA POSIÇÃO DE ESTRADA, G) ABERTURA DO VARANDIM E PORTAS TETO E H) BASCULAMENTO (AUTORIA PRÓPRIA)	63
FIGURA 86 - VISTA EM PERSPETIVA TRASEIRA DO PROJETO FINAL DO CONTENTOR TÉRMICO REDONDO EM MODO DE BASCULAMENTO NO EQUIPAMENTO <i>AMPLIROLL</i> (AUTORIA PRÓPRIA)	64
FIGURA 87 - VISTA EM PERSPETIVA FRONTAL DO PROJETO FINAL DO CONTENTOR TÉRMICO REDONDO EM MODO DE BASCULAMENTO NO EQUIPAMENTO <i>AMPLIROLL</i> (AUTORIA PRÓPRIA)	64
FIGURA 88 - DIAGRAMA DE CORPO LIVRE NO VEIO DE ENGATE DO GANCHO NO MOMENTO DE BASCULAMENTO E DESCARGA DO ASFALTO	65
FIGURA 89 - CONDIÇÕES FRONTEIRA DE FIXAÇÃO ESTABELECIDAS PARA A VIGA DE SUPORTE DO VEIO	66
FIGURA 90 - ESFORÇOS APLICADOS AO VEIO INTRODUZIDO NO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO	66
FIGURA 91 - MALHA REALIZADA COM REFINAMENTO NOS PONTOS CRÍTICOS ( <i>MESH CONTROL</i> ) PARA ANÁLISE MEF NO VEIO DE ENGATE DO GANCHO	67
FIGURA 92 - CÁLCULO DA TENSÃO EQUIVALENTE DE VON MISES ATRAVÉS DO MEF NO VEIO	68
FIGURA 93 - CÁLCULO DO DESLOCAMENTO MÁXIMO ATRAVÉS DO MEF NO VEIO	68
FIGURA 94 - CÁLCULO DO FOS ATRAVÉS DO MEF NO VEIO	69
FIGURA 95 - DIAGRAMA DE CORPO LIVRE DO CONTENTOR COM A CARGA PARA CARREGAMENTO NO EQUIPAMENTO <i>HOOKLIFT</i>	70
FIGURA 96 – JUNTA DE ARESTAS ENTRE CHAPAS ATRAVÉS DE SOLDADURA	70
FIGURA 97 - SIMPLIFICAÇÃO DAS PEÇAS DOS LATERAIS, FUNDO, FRENTE E COBERTURA PARA ANÁLISE DO MEF	71
FIGURA 98 - SIMPLIFICAÇÃO DOS PERFIS PARA ANÁLISE DO MEF A) CONTENTOR TÉRMICO REDONDO E B) CONTENTOR TÉRMICO ANTERIOR	71
FIGURA 99 - CONDIÇÕES FRONTEIRA DE FIXAÇÃO ESTABELECIDAS PARA O CONTENTOR A) REAÇÃO NO VEIO FRONTAL E B) REAÇÃO NA PARTE TRASEIRA DO CONTENTOR	72
FIGURA 100 - ESFORÇOS APLICADOS AO CONTENTOR DEVIDO À CARGA DE 30 T INTRODUZIDO NO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO	73
FIGURA 101 - DIREÇÃO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE DE $9,81 \text{ M/S}^2$ , INTRODUZIDA NO PROGRAMA DE SIMULAÇÃO	73
FIGURA 102 - MALHA REALIZADA PARA ANÁLISE MEF NO CONTENTOR A) VISTA FRONTAL E B) VISTA TRASEIRA	74
FIGURA 103 - CÁLCULO DA TENSÃO EQUIVALENTE DE VON MISES ATRAVÉS DO MEF NO CONTENTOR	74
FIGURA 104 - CÁLCULO DO DESLOCAMENTO MÁXIMO ATRAVÉS DO MEF NO CONTENTOR	75
FIGURA 105 - CÁLCULO DO DESLOCAMENTO MÁXIMO, VISTA TRASEIRA, PARA MELHOR PERCEÇÃO DO EFEITO "BARRIGA" PELA CARGA (ESCALA DE DEFORMAÇÃO 1:10)	75
FIGURA 106 - CÁLCULO DO FOS ATRAVÉS DO MEF NO CONTENTOR	76
FIGURA 107 - DIAGRAMA DE CORPO LIVRE PARA OS CILINDROS HIDRÁULICOS	79
FIGURA 108 - CHAPA DE IDENTIFICAÇÃO DO CONTENTOR COM MARCAÇÃO CE	80
FIGURA 109 - SEQUÊNCIA DA PRODUÇÃO DO CONTENTOR TÉRMICO REDONDO	81
FIGURA 110 - ALGUNS COMPONENTES PRODUZIDOS PARA INÍCIO DA MONTAGEM A) FRENTE E MOLDURAS, B) LATERAIS/FUNDO E C) CALHAS E PRUMOS	81

FIGURA 111 - INTERPRETAÇÃO DOS DESENHOS DE DEFINIÇÃO COM OS COLABORADORES RESPONSÁVEIS PELA MONTAGEM	82
FIGURA 112 - MONTAGEM DAS LATERAIS/FUNDOS A) VISTA FRONTAL E B) VISTA TRASEIRA	82
FIGURA 113 - MONTAGEM DAS MOLDURAS E COLUNAS TRASEIRAS A) MOLDURA E B) COLUNA TRASEIRA	82
FIGURA 114 - MONTAGEM DOS PRUMOS E CALHAS LATERAIS A) ANTES DA MONTAGEM E B) DEPOIS DA MONTAGEM	83
FIGURA 115 - MONTAGEM DA ESTRUTURA SUPERIOR E PASSADIÇO A) MONTAGEM DA ALMOFADA DO PASSADIÇO, B) MONTAGEM DA ALMOFADA TRASEIRA SUPERIOR, C) MONTAGEM DAS BARRAS TRANSVERSAIS E D) MONTAGEM DAS TRAVESSAS DO PASSADIÇO	83
FIGURA 116 - MONTAGEM DA ALMOFADA DA PORTA TRASEIRA A) MONTAGEM ESTRUTURAL E B) APLICAÇÃO DA LÃ DE ROCHA	84
FIGURA 117 - MONTAGEM DA PORTA TRASEIRA A) MONTAGEM DO AVENTAL COM PORTINHOLAS, B) MONTAGEM DAS DOBRADIÇAS NO CONTENTOR E C) ASPETO DA PORTA FINALIZADA	84
FIGURA 118 - MONTAGEM DO FECHO MANUAL DA PORTA TRASEIRA A) MONTAGEM DO VEIO E SUPORTE ESQUERDO, B) MONTAGEM DO SUPORTE DIREITO, C) MONTAGEM DA TRANCA/ABERTURA E D) VISTA TRASEIRA DO SUPORTE DA TRANCA DE SEGURANÇA	85
FIGURA 119 - MONTAGEM DAS PORTAS DO TETO A) MONTAGEM DO VEIO DE ROTAÇÃO E MANCAIS, B) MONTAGEM DAS DOBRADIÇAS, C) VISTA EM PORMENOR DO MANCAL DO VEIO E D) MONTAGEM DA CHAPA DO ACABAMENTO DE ISOLAMENTO	86
FIGURA 120 - MONTAGEM DO SISTEMA DE ABERTURA DAS PORTAS DO TETO A) VISTA LATERAL DA MONTAGEM DOS CILINDROS, B) VISTA FRONTAL DA MONTAGEM E B) VERIFICAÇÃO DA ABERTURA DO SISTEMA MONTADO	86
FIGURA 121 - MONTAGEM DOS COMPONENTES E CONJUNTO DO VARANDIM DE SEGURANÇA A) MONTAGEM DOS TUBOS, B) SOLDADURA DOS TUBOS, C) MONTAGEM DO TUBO CURVO NA TRASEIRA E D) MONTAGEM DO SUPORTE DE FIXAÇÃO VERTICAL	87
FIGURA 122 - MONTAGEM DOS COMPONENTES FINAIS A) BASE DE APERTO DO CALÇO DE FIXAÇÃO DOS TUBOS DO VARANDIM, B) MONTAGEM DO BRINCO DE SUSTENTAÇÃO, C) MONTAGEM DO BATENTE DAS PORTAS DO TETO E D) MONTAGEM DO SUPORTE PARA TRANSPORTE DA GARRAFA DE LUBRIFICAÇÃO INTERIOR E PÁ, ANTES DE CARREGAR O ASFALTO.	87
FIGURA 123 - A) PINTURA DE PRIMÁRIO NO INTERIOR DO MONOCOQUE DO MODELO DE CONTENTOR ANTERIOR E B) APLICAÇÃO DO FUNDO NO MODELO ANTERIOR	88
FIGURA 124 - ASPETO DO CONTENTOR APÓS MONTAGEM A) VISTA FRONTAL, B) VISTA LATERAL, C) VISTA TRASEIRA E D) ENSAIO DA FORRA DE ALUMÍNIO	88
FIGURA 125 - APLICAÇÃO DA LÃ DE ROCHA A) VISTA LATERAL ANTES DE APLICAR, B) IMPREGNAÇÃO DE COLA PARA APLICAR A LÃ DE ROCHA E C) VISTA LATERAL DEPOIS DE APLICADA	89
FIGURA 126 - APLICAÇÃO DA LÃ DE ROCHA NA PARTE SUPERIOR A) LADO ESQUERDO E B) LADO DIREITO	89
FIGURA 127 - MONTAGEM FINAL DOS COMPONENTES DOS VARANDINS A) VISTA DO SUPORTE VERTICAL, B) VISTA DO PINO DO SUPORTE VERTICAL, C) MONTAGEM DO TUBO, D) MONTAGEM DO CALÇO DE BORRACHA PARA FIXAÇÃO DO TUBO E E) MONTAGEM DO TUBO NO CALÇO DE FIXAÇÃO	89

FIGURA 128 - APLICAÇÃO DAS FORRAS DE ALUMÍNIO A) FURAÇÃO/REBITAGEM E B) APLICAÇÃO DE POLIURETANO	90
FIGURA 129 - A) MONTAGEM DA PORTA TRASEIRA, ROLO E DISTRIBUIDOR HIDRÁULICO E B) MONTAGEM DAS PORTAS DO TETO E RESPETIVOS CILINDROS	90
FIGURA 130 - ASPETO FINAL DO CONTENTOR A) VISTA EM PERSPETIVA FRONTAL E B) VISTA EM PERSPETIVA TRASEIRA	91
FIGURA 131 - CARREGAMENTO E EXPEDIÇÃO	91
FIGURA 132 - GRÁFICO DOS VALORES PARA O CENÁRIO DE TRANSPORTE DE ASFALTO DE 10 MIL TONELADAS DE ASFALTO PARA TRAJETOS DE 50 KM	94
FIGURA 133 - GRÁFICO DOS VALORES PARA O CENÁRIO DE TRANSPORTE DE ASFALTO DE 50 MIL TONELADAS DE ASFALTO PARA TRAJETOS DE 50 KM	95
FIGURA 134 - GRÁFICO DOS VALORES PARA O CENÁRIO DE TRANSPORTE DE ASFALTO DE 90 MIL TONELADAS DE ASFALTO PARA TRAJETOS DE 50 KM	96
FIGURA 135 - ANÁLISE SWOT DO NOVO CONTENTOR	103
FIGURA 136 - CONTENTOR EM TRABALHO A DESCARREGAR ASFALTO PARA MÁQUINA PAVIMENTADORA DENTRO DE UM TÚNEL - VISTA LATERAL FRENTE (FOTOGRAFIA FORNECIDA PELO CLIENTE)	105
FIGURA 137 - VISTA LATERAL DO CONTENTOR EM TRABALHO A DESCARREGAR ASFALTO PARA MÁQUINA PAVIMENTADORA (FOTOGRAFIA FORNECIDA PELO CLIENTE)	105
FIGURA 138 - CONTENTOR A DESCARREGAR ASFALTO PARA MÁQUINA PAVIMENTADORA (VISTA TRASEIRA APROXIMADA)	106
FIGURA 139 - CONTENTOR A DESCARREGAR ASFALTO PARA MÁQUINA PAVIMENTADORA (VISTA TRASEIRA)	106
FIGURA 140 - DESENHO FINAL DO CONTENTOR TÉRMICO COM REFERÊNCIA DAS CONFIGURAÇÕES PROJETADAS	133

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - NÍVEIS DE EMISSÕES ADMISSÍVEIS DE NO <sub>x</sub> NA UE PARA MOTORES DIESEL NOS VEÍCULOS DA CATEGORIA N <sub>3</sub> [21]	12
TABELA 2 - EXTENSÃO DAS AUTOESTRADAS NOS PAÍSES: ALEMANHA, ESPANHA, FRANÇA, PORTUGAL E SUÍÇA (1990 A 2013) [22]	13
TABELA 3 - NÚMERO DE VEÍCULOS DE MERCADORIAS REGISTRADOS NOS PAÍSES: ALEMANHA, ESPANHA, FRANÇA, PORTUGAL E SUÍÇA (1990 A 2013) [22]	15
TABELA 4 - CATEGORIA DOS VEÍCULOS AUTOMÓVEIS [25]	18
TABELA 5 - TIPOS DE CONTENTORES PARA TRANSPORTE DE ASFALTO COM ISOLAMENTO TÉRMICO (ADAPTADO DE [44])	28
TABELA 6 - EXEMPLO DO CÁLCULO DO ÍNDICE DE MATERIAL CONSOANTE O MODO DE SOLICITAÇÃO E FORMA [51]	32
TABELA 7 – DIFERENTES APROXIMAÇÕES DE ALGUNS ELEMENTOS, REALIZADAS NA FASE DE ANTEPROJETO	49
TABELA 8 - PROPRIEDADES DOS MATERIAIS POSSÍVEIS ([51], [86], [87],	51
TABELA 9 - CÁLCULO DO ÍNDICE DE MATERIAL (RESISTÊNCIA ESPECÍFICA - M <sub>1</sub> )	52
TABELA 10 - PONDERAÇÃO DOS REQUISITOS PARA O COMPONENTE FUNDO/LATERAL	53
TABELA 11 - PONDERAÇÃO DOS MATERIAIS PARA AS PROPRIEDADES CONSIDERADAS DOS COMPONENTES FUNDO E LATERAIS	53
TABELA 12 - ÍNDICES DE MÉRITO DOS MATERIAIS PARA O COMPONENTE FUNDO E LATERAIS	54
TABELA 13 - PONDERAÇÃO DOS REQUISITOS PARA OS COMPONENTES “PORTAS DO TETO”	54
TABELA 14 - PONDERAÇÃO DOS MATERIAIS PARA AS PROPRIEDADES CONSIDERADAS PARA OS COMPONENTES “PORTAS DO TETO”	55
TABELA 15 - ÍNDICES DE MÉRITO DOS MATERIAIS PARA OS COMPONENTES “PORTAS DO TETO”	55
TABELA 16 - PONDERAÇÃO DOS REQUISITOS PARA O COMPONENTE ROLO	56
TABELA 17 - PONDERAÇÃO DOS MATERIAIS PARA AS PROPRIEDADES CONSIDERADAS PARA O ROLO	56
TABELA 18 - ÍNDICES DE MÉRITO DOS MATERIAIS PARA O COMPONENTE ROLO	57
TABELA 19 - ANÁLISE MEF DO VEIO DE ENGATE DO GANCHO	66
TABELA 20 - ANÁLISE MEF DO CONTENTOR	72
TABELA 21 - CÁLCULOS PARA PRESSÕES DOS CILINDROS DE DUPLO EFEITO	78
TABELA 22 - PREÇO EM EUROS POR QUILOGRAMA DE MATÉRIA PRIMA	92
TABELA 23 - CUSTO DAS OPERAÇÕES POR HORA	92
TABELA 24 - RESUMO FINAL DO ORÇAMENTO PARA O CONTENTOR TÉRMICO REDONDO	92
TABELA 25 - CONDIÇÕES DEFINIDAS PARA O CENÁRIO EM ANÁLISE COM O GANHO DE PESO DE CARGA	93
TABELA 26 - VALORES OBTIDOS PARA O CENÁRIO DE TRANSPORTE DE 10 MIL TONELADAS DE ASFALTO EM TRAJETOS DE 50 KM	94
TABELA 27 - VALORES OBTIDOS PARA CENÁRIO DE TRANSPORTE DE 50 MIL TONELADAS DE ASFALTO EM TRAJETOS DE 50 KM	95
TABELA 28 - VALORES OBTIDOS PARA CENÁRIO DE TRANSPORTE DE 90 MIL TONELADAS DE ASFALTO EM TRAJETOS DE 50 KM	96
TABELA 29 - ANÁLISE DOS OBJETIVOS COM RESULTADOS OBTIDOS	103



**ÍNDICE**

<b>1.1</b>	<b>Enquadramento</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3</b>	<b>Metodologia</b> .....	<b>4</b>
<b>1.4</b>	<b>Estrutura da tese</b> .....	<b>4</b>
<b>1.5</b>	<b>Empresa de acolhimento</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>Transporte de mercadorias terrestre rodoviário</b> .....	<b>9</b>
2.1.1	Vantagens dos transportes rodoviários .....	9
2.1.2	Desvantagens dos transportes rodoviários .....	10
2.1.3	Evolução do transporte de mercadorias terrestre rodoviário.....	10
2.1.4	Seleção de veículo para transporte de mercadorias .....	15
<b>2.2</b>	<b>Classificação de veículos automóveis</b> .....	<b>16</b>
2.2.1	Classes e tipos de automóveis.....	16
2.2.2	Algumas definições importantes .....	17
2.2.3	Veículos únicos e conjunto de veículos .....	17
2.2.4	Categorias dos veículos automóveis .....	17
2.2.5	Dimensões e pesos .....	20
2.2.6	Eixos e Rodados .....	21
2.2.7	Repartição de cargas .....	24
<b>2.3</b>	<b>Asfalto</b> .....	<b>24</b>
2.3.1	Carga, transporte e descarga de Asfalto .....	25
2.3.2	Características e tipos de contentores para transporte de Asfalto a Quente .....	26
<b>2.4</b>	<b>Design de produto e seleção de materiais</b> .....	<b>28</b>
2.4.1	Estratégia para seleção de materiais.....	31
2.4.2	Preocupações de sustentabilidade.....	35
<b>2.5</b>	<b>Engenharia de Produto</b> .....	<b>38</b>
2.5.1	Processos de fabrico .....	39
2.5.2	Simulação de Projeto.....	42
<b>3.1</b>	<b>Caracterização da Basmorais</b> .....	<b>47</b>
<b>3.2</b>	<b>Caracterização do problema</b> .....	<b>47</b>
<b>3.3</b>	<b>Requisitos a cumprir</b> .....	<b>49</b>
<b>3.4</b>	<b>Anteprojecto</b> .....	<b>49</b>
<b>3.5</b>	<b>Projeto</b> .....	<b>51</b>

3.5.1	Seleção de materiais .....	51
3.5.2	Repartição de cargas .....	57
3.5.3	Modelação 3D dos componentes e conjuntos do contentor .....	58
3.5.4	Cálculos .....	65
3.5.5	Esquema do circuito hidráulico e pressões associadas .....	77
3.5.6	Manual de utilizador e de manutenção com declaração CE de conformidade.....	80
3.5.7	Plano final para aprovação do cliente .....	80
<b>3.6</b>	<b>Produção dos componentes, montagem e acabamento superficial .....</b>	<b>80</b>
<b>3.7</b>	<b>Orçamentação .....</b>	<b>91</b>
<b>3.8</b>	<b>Estudo do ganho de peso no contentor comparado com o modelo anterior.....</b>	<b>93</b>
3.8.1	Comparação do contentor térmico redondo com o contentor anterior para transporte de 10 mil toneladas de asfalto em trajetos de 50 km .....	94
3.8.2	Comparação do contentor térmico redondo com o contentor anterior para transporte de 50 mil toneladas de asfalto em trajetos de 50 km .....	95
3.8.3	Comparação do contentor térmico redondo com o contentor anterior para transporte de 90 mil toneladas de asfalto em trajetos de 50 km .....	96
<b>4.1</b>	<b>CONCLUSÃO INICIAL .....</b>	<b>101</b>
4.1.1	Vantagens e desvantagens face ao contentor atual .....	103
<b>4.2</b>	<b>CONCLUSÃO FINAL .....</b>	<b>104</b>
<b>6.1</b>	<b>Anexo 1 - Características das dimensões e pesos [30].....</b>	<b>120</b>
6.1.1	Dimensões máximas dos veículos para efeitos de circulação .....	120
6.1.2	Peso bruto máximo dos veículos.....	121
6.1.3	Peso bruto máximo por eixo .....	121
6.1.4	Outras características relativas a dimensões e pesos .....	122
6.1.5	Outras características relativas a pesos .....	122
<b>6.2</b>	<b>Anexo 2 - Figura da norma DIN 30722.....</b>	<b>123</b>
<b>6.3</b>	<b>Anexo 3 - Especificações do fabricante da viatura – Volvo .....</b>	<b>124</b>
<b>6.4</b>	<b>Anexo 4 - Especificações do fabricante do sistema <i>Hooklift</i> – ITALEV .....</b>	<b>125</b>
<b>6.5</b>	<b>Anexo 5 - Plano final com repartição de cargas.....</b>	<b>126</b>
<b>6.6</b>	<b>Anexo 6 - Esquema Hidráulico .....</b>	<b>127</b>
<b>6.7</b>	<b>Anexo 7 - Manual de Utilizador e de Manutenção com declaração CE de conformidade ...</b>	<b>128</b>
<b>6.8</b>	<b>Anexo 8 - Desenhos de definição dos componentes e conjuntos .....</b>	<b>133</b>
<b>6.9</b>	<b>Anexo 9 - Orçamento dos componentes e conjuntos.....</b>	<b>134</b>





# INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

1.2 OBJETIVOS

1.3 METODOLOGIA

1.4 ESTRUTURA DA TESE

1.5 EMPRESA DE ACOLHIMENTO



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Enquadramento

O material mais utilizado para a pavimentação das estradas no transporte rodoviário é o asfalto [1]. É cada vez mais utilizado em pavimentos para reduzir o consumo de energia e as emissões [2], sendo cada vez mais significativo para veículos pesados [3]. O asfalto é transportado quente. Nos países frios, o transporte de asfalto é realizado em contentores/caixas apropriadas. Devido á temperatura ser um fator importante e, durante o transporte o material arrefecer, as caixas são revestidas com lã de rocha, para que o produto não perca energia térmica (consequentemente qualidades ligantes e de viscosidade) [4].

O transporte de asfalto pode ser realizado com diversos tipos de contentores, conforme as necessidades, exigências e equipamento que cada viatura possui. Para alguns casos, onde este projeto se inclui, existe um equipamento fixo na viatura, normalmente designado de Gancho Porta Contentores ou Poli-basculante (*Ampliroll* ou *Hookloader* em Inglês, como na Figura 1), que está encarregue de realizar o acoplamento do contentor à viatura, bem como o basculamento quando o material for descarregado para a máquina de pavimentação, conforme se pode ver na Figura 1.



Figura 1 - Exemplo de descarga do asfalto para a máquina pavimentadora [5]

A necessidade de melhorar e inovar os veículos também se estende às caixas de transporte. Nos dias de hoje, a preocupação e exigência perante a poluição são cada vez maiores, devido à elevada emissão de substâncias poluentes [6]. Neste sentido, as caixas, ao serem mais leves, mantendo a resistência necessária e, se possível, com maior capacidade volúmica de carga, o veículo fará o trajeto com mais carga, poupando no número de trajetos, assim como na energia, poluindo menos [7].

## 1.2 Objetivos

A realização deste trabalho teve como principal objetivo desenvolver um novo modelo de contentor para transporte de asfalto. Os principais requisitos foram:

1. diminuição do peso do conteúdo para maior capacidade de carga;
2. melhorar o *design* para facilitar o escoamento do material;
3. aumentar a capacidade de carga ( $\uparrow$  volumetria);
4. redução com custos de produção.

## 1.3 Metodologia

A elaboração do presente trabalho seguiu a metodologia que se descreve na Figura 2.

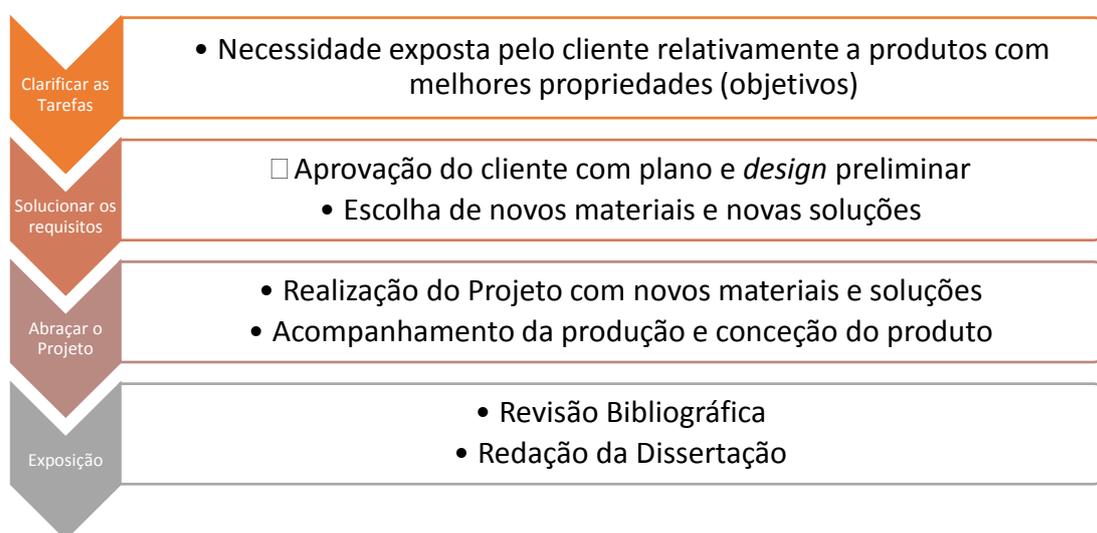


Figura 2 - Metodologia do trabalho desenvolvido

## 1.4 Estrutura da tese

A estrutura deste trabalho está assente essencialmente em duas partes: uma Revisão Bibliográfica inicial, onde se pretende enquadrar o leitor com as temáticas principais deste trabalho, passando em revista os desenvolvimentos técnicos e científicos que foram publicados em livros e periódicos científicos dedicados à matéria, e o desenvolvimento do trabalho prático propriamente dito, com a referência do projeto desenvolvido, soluções encontradas, respetiva validação e acompanhamento da produção do produto. Por fim, é realizada a interpretação e análise das conclusões obtidas.

## 1.5 Empresa de acolhimento

O desenvolvimento deste projeto decorreu na empresa Basmorais – Fábrica de Carroçarias e Basculantes, Lda., situada em Albergaria-a-Velha. Trata-se de uma empresa metalomecânica, com 25 anos de existência, onde se tem afirmado cada vez

mais no mercado de produção de caixas basculantes e caixas especiais, para veículos pesado de mercadorias nos países europeus (principalmente França e Suíça).



# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 TRANSPORTE DE MERCADORIAS TERRESTRE RODOVIÁRIO

2.2 CLASSIFICAÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMÓVEIS

2.3 ASFALTO

2.4 DESIGN DE PRODUTO E SELEÇÃO DE MATERIAIS

2.5 ENGENHARIA DE PRODUTO



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Transporte de mercadorias terrestre rodoviário

O desenvolvimento das redes e dos transportes terrestres rodoviários contribuiu decisivamente para o encurtamento das distâncias relativas (Figura 3), através da redução dos tempos e dos custos de deslocação [8]. Deste modo, os transportes promovem a interação entre diferentes espaços, criando dinamismo económico e social [9]. Além da sua importância na mobilidade de pessoas e bens, os transportes geram emprego, combatem as desigualdades territoriais e facilitam a comunicação entre as regiões. O transporte rodoviário pode ser realizado em território nacional ou internacional, inclusive utilizando estradas de vários países na mesma viagem [10].

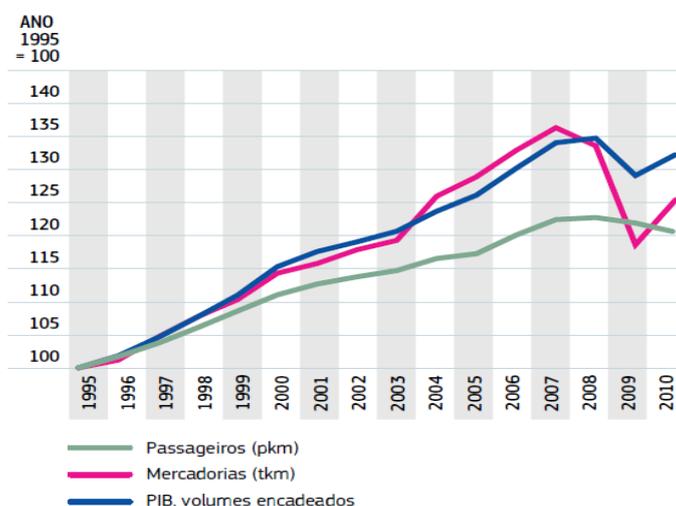


Figura 3 - Evolução dos transportes na UE [8]

#### 2.1.1 Vantagens dos transportes rodoviários

Numa primeira análise, pode-se evidenciar as seguintes vantagens dos transportes rodoviários, descritas seguidamente [9], [11]:

- Dispõe de uma rede muito ramificada, extensa/densa;
- Prático, rápido e económico para curtas e médias distâncias;
- Grande mobilidade, comodidade e flexibilidade nos itinerários, permitindo a circulação de pessoas e mercadorias de porta a porta. Esta grande mobilidade permitiu o crescimento das cidades para a periferia e o aumento das distâncias entre as áreas de residência e de trabalho;
- Rapidez nas operações de carga e descarga, sendo o transporte mais adequado para mercadorias com pouco volume e peso;
- Grande grau de especialização (frigoríficos, cisternas, contentores...);
- Veículos de grande capacidade de carga;
- Adapta-se a cargas pouco volumosas;
- Rapidez e baixo custo, a curtas e médias distâncias.

### 2.1.2 Desvantagens dos transportes rodoviários

Seguidamente, são elencadas as desvantagens referentes aos transportes rodoviários [9], [11]:

- Elevada sinistralidade;
- Ocupação de grandes espaços pelas infraestruturas; Impacto territorial negativo (separação de propriedades e aglomerados);
- Elevado consumo energético (aumenta a dependência externa);
- Tráfego intenso e congestionamento nas áreas urbanas;
- Estacionamento (custos ou dificuldades);
- Reduzida capacidade de carga (face aos transportes ferroviário e marítimo);
- Elevados custos com a rede de infraestruturas (estradas, autoestradas, pontes, etc.);
- Elevado consumo de espaço (estradas, parques de estacionamento) e de combustível;
- Elevado consumo de combustíveis fósseis (petróleo);
- Impacto ambiental negativo (poluição atmosférica, sonora e dos solos);
- Reduzida (ou limitada) capacidade de carga.

### 2.1.3 Evolução do transporte de mercadorias terrestre rodoviário

Desde os primeiros tempos da sua existência que o homem reconheceu a necessidade de se deslocar entre vários lugares. Durante séculos, os tradicionais meios de transporte usavam como principal forma de deslocação a tração animal. Com a evolução natural, necessitou de meios que lhe permitissem deslocar-se entre dois lugares de forma cada vez mais rápida [12]. No surgimento da revolução industrial, criam-se os primeiros engenhos de motores a vapor. Com a invenção de Rudolf Diesel, os motores a óleo derivado do petróleo (gasóleo), deu-se um enorme desenvolvimento no transporte de mercadorias rodoviário [13].

No início do século XX, quando Henry Ford iniciou a produção de maior escala do automóvel "*Model T*", revolucionou a indústria automobilística [14].

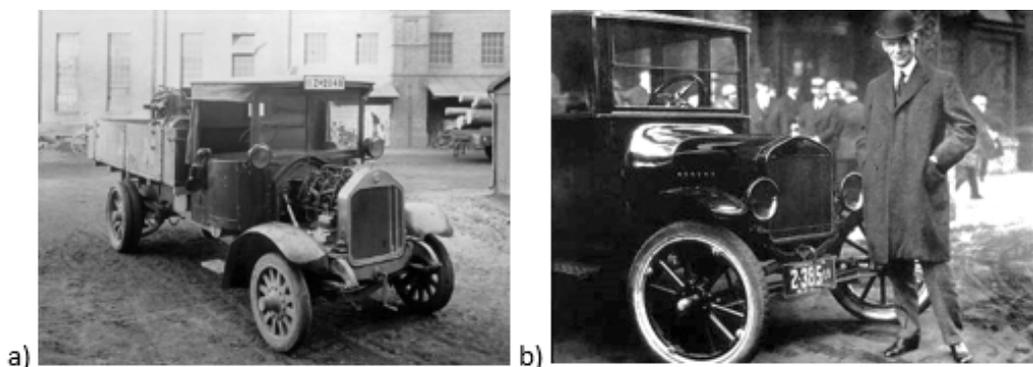


Figura 4 - a) Primeira viatura de mercadorias com motor de injeção a gasóleo produzida em 1924 [15] e b) Automóvel "*Model T*" e Henry Ford [16]

Com o desenvolvimento da rede de estradas, os transportes rodoviários (Figura 5) começaram a ganhar terreno face ao seu mais direto concorrente, o comboio. Hoje em dia, com uma rede de autoestradas bastante desenvolvida, os transportes rodoviários chegam a todos os pontos.



Figura 5 - Exemplo de uma autoestrada rodoviária

A importância do transporte rodoviário de mercadorias também é enfatizada quando a divisão modal é comparada para os movimentos de transporte de mercadorias em países, como se pode verificar no gráfico da Figura 6.

No entanto, também é destacado que para alguns países, o transporte ferroviário de mercadorias ainda desempenha um papel importante. Isto aplica-se particularmente aos EUA, Suíça, Hungria e Áustria. O transporte ferroviário de mercadorias tende a ser mais prevalente em países com uma grande propagação geográfica, ou onde existem importantes questões ambientais e restrições.

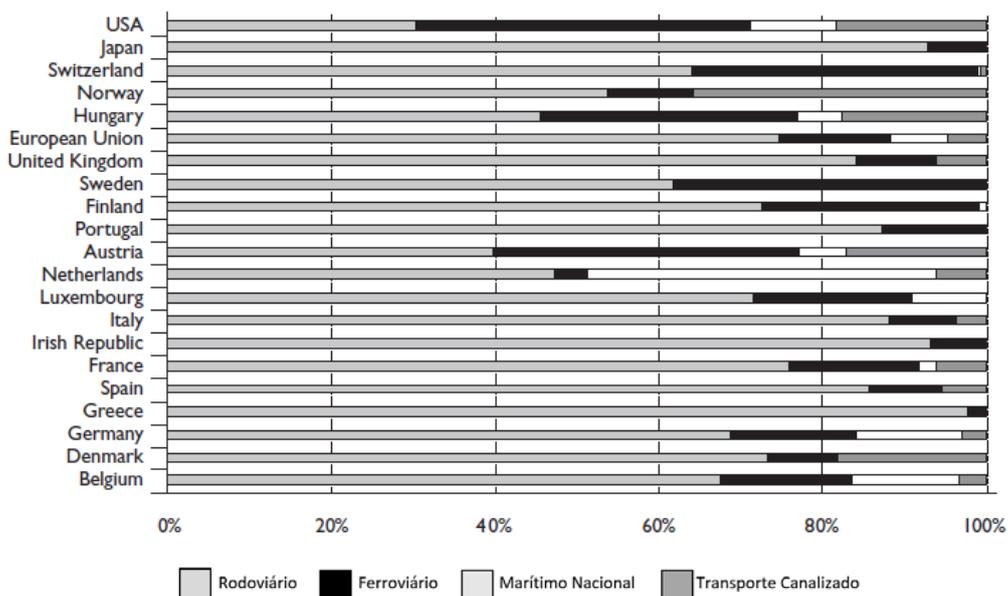


Figura 6 - Divisão modal do transporte de mercadorias (percentagem em toneladas por quilómetro) [17]

Todos os principais modos de transporte podem ser considerados para a circulação de mercadorias internacionalmente. A escolha do modo de transporte mais apropriado é, portanto, uma decisão fundamental para a distribuição internacional e logística, sendo o principal critério a necessidade de equilibrar os custos com o serviço ao cliente.

No que respeita aos veículos de mercadorias, tiveram ao longo dos anos várias evoluções e mudanças de características. Não só a nível de motorização e rendimento, cada vez mais importante com normas muito exigentes para diminuição da poluição [18], mas também a aplicação e desenvolvimento de novos materiais e soluções. Na Figura 7 evidenciam-se os modelos de três veículos para basculantes que marcaram a história após a segunda guerra mundial. À esquerda, o famoso L 1111, usado no período de reconstrução na década de 1950, com caixa em madeira e alguns perfis em aço forjado, e cabina da viatura com nariz bicudo arredondado. No meio, o veículo chamado “nova geração” Actros, surgido na década de 1990, com cabina sobre o motor e caixa inteiramente em aço ao carbono. À direita, o modelo de viatura mais recente com motorização norma Euro 6, da família Actros, o Arocs. A caixa é realizada em aço ao carbono anti desgaste.



Figura 7 - Exemplo da evolução de veículos pesados de mercadorias, a) L1111, b) Actros e c) Arocs [19]

Desde o início da década de 1990 que na Europa e noutros continentes têm sido estabelecidas normas para o limite de emissões dos veículos. Os níveis de exigências são cada vez mais apertados [20], obrigando as marcas a evoluírem nesse sentido com novas soluções. Na Tabela 1 pode-se verificar essa evolução de valores máximos permitidos de Óxidos de Azoto ( $\text{NO}_x$ , onde estão incluídos o  $\text{NO}_2$  e o  $\text{NO}$ ) na UE.

Tabela 1 - Níveis de emissões admissíveis de  $\text{NO}_x$  na UE para motores diesel nos veículos da categoria  $\text{N}_3$  [21]

Norma	Entrada em Vigor	$\text{NO}_x$ (g/kWh)
Euro 1	01-10-1993	8
Euro 2	01-10-1996	7,0
Euro 3	01-10-1999	5,0
Euro 4	01-10-2005	3,5
Euro 5	01-10-2008	2,0
Euro 6	01-10-2013	0,46

Com a grande evolução na construção civil nas cidades, as infraestruturas também acompanharam esse caminho. A construção e, principalmente, a manutenção de

estradas e autoestradas, são cada vez mais necessárias para possibilitar aos veículos transitarem de modo mais seguro e económico. Na Tabela 2, pode-se verificar a evolução relativamente à extensão de autoestradas entre os anos 1990 e 2013. Na Figura 8, pode-se evidenciar graficamente esta evolução.

Tabela 2 - Extensão das autoestradas nos países: Alemanha, Espanha, França, Portugal e Suíça (1990 a 2013) [22]

Anos	Extensão das autoestradas (km)				
	DE - Alemanha	ES - Espanha	FR - França	PT - Portugal	CH - Suíça
1990	10 854	4 976	6 824	316	1 148
1991	10 955	5 235	7 080	474	1 152
1992	11 013	6 486	7 408	520	1 164
1993	11 080	6 577	7 614	579	1 184
1994	11 143	6 497	7 956	587	1 184
1995	11 190	6 962	8 275	687	1 197
1996	11 246	7 295	8 596	710	1 244
1997	11 309	7 750	8 864	797	1 244
1998	11 427	8 269	9 303	1 252	1 262
1999	11 515	8 893	9 626	1 441	1 267
2000	11 712	9 049	9 766	1 482	1 270
2001	11 786	9 571	10 068	1 659	1 305
2002	12 037	9 739	10 223	1 836	1 304
2003	12 044	10 296	10 379	2 002	1 351
2004	12 174	10 747	10 486	2 091	1 341
2005	12 363	11 432	10 798	2 341	1 358
2006	12 531	12 073	10 848	2 545	1 361
2007	12 594	13 013	10 958	2 613	1 383
2008	12 645	13 518	11 042	2 623	1 383
2009	12 813	14 021	11 163	2 705	1 406
2010	12 819	14 262	11 392	2 737	1 406
2011	12 845	14 554	11 413	2 737	1 415
2012	12 879	14 701	11 413	2 988	1 419
2013	12 917	14 981	11 552	3 065	1 419

É notória a evolução crescente da extensão em quilómetros de autoestradas entre os anos 1990 e 2013 dos países mencionados na Figura 8, verificando-se que alguns países registaram crescimento bastante acentuado, como no caso da Espanha, que quase quadruplicou a extensão das autoestradas. França quase duplicou, Alemanha registou um aumento de 2063 km e a Suíça 271 km. O país com maior aumento em relação ao ano de 1990 foi Portugal. Teve um aumento de nove vezes, os quilómetros de autoestradas que tinha treze anos antes.

Com o significativo aumento de autoestradas, o número de veículos produzidos também aumentou, não só porque a necessidade de transporte no mercado é cada vez maior, mas também porque os fabricantes de veículos evoluem constantemente os seus produtos. Na Tabela 3 e na Figura 9 [22] pode-se verificar a evolução registada nos veículos de mercadorias.

Constata-se que o número de veículos de mercadorias registados nos países referidos na Figura 9, entre os anos de 1990 e 2013, foi particularmente crescente. Exceto em alguns anos onde houve um decréscimo, normalmente correlacionável com ciclos

económicos desfavoráveis. De salientar que desde 2008, em Espanha, o número vem a diminuir e em Portugal, desde 2010, também tem vindo a diminuir.

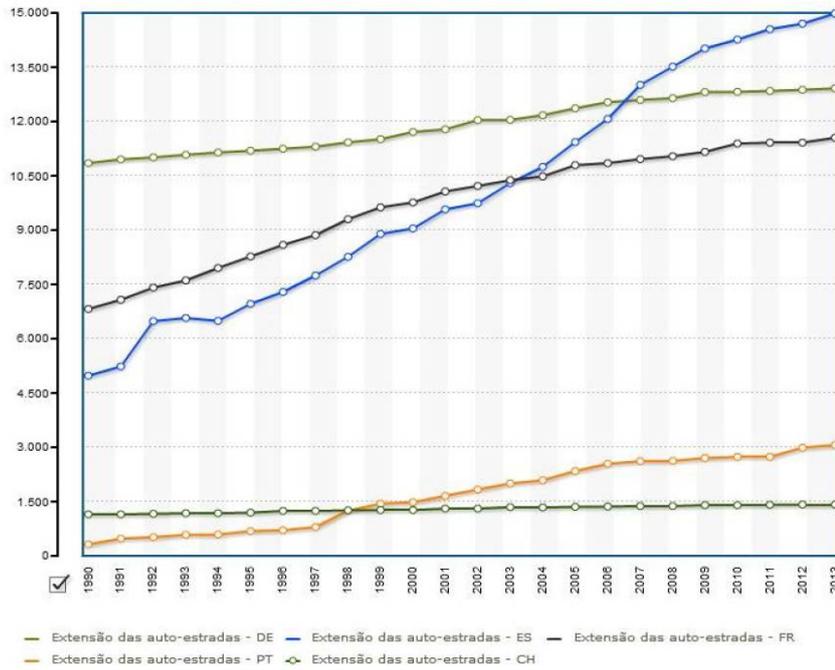


Figura 8 - Extensão de autoestradas em km [22]

Cabe referir que os valores apresentados na Figura 8 e Figura 9, bem como na Tabela 2 e Tabela 3, dizem respeito ao continente Europeu, mais propriamente aos países do mercado onde a empresa Basmorais tem os seus principais clientes e mercados-alvo.

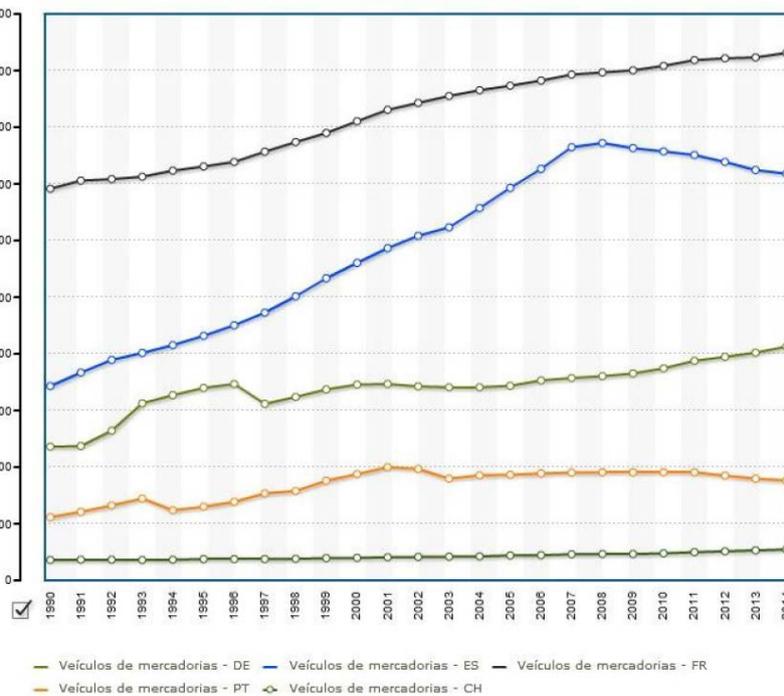


Figura 9 - Número de veículos de mercadorias registados (em milhares) [22]

Tabela 3 - Número de veículos de mercadorias registados nos países: Alemanha, Espanha, França, Portugal e Suíça (1990 a 2013) [22]

Anos	Veículos de mercadorias (milhares)				
	DE - Alemanha	ES - Espanha	FR - França	PT - Portugal	CH - Suíça
1990	1 653	2 401	4 840	781	252
1991	1 660	2 568	4 941	847	258
1992	1 849	2 726	4 959	928	257
1993	2 189	2 813	4 989	1 011	253
1994	2 289	2 906	5 062	868	256
1995	2 379	3 024	5 116	912	262
1996	2 429	3 152	5 173	970	263
1997	2 182	3 310	5 298	1 077	264
1998	2 267	3 510	5 418	1 105	267
1999	2 362	3 735	5 530	1 232	274
2000	2 419	3 923	5 673	1 313	279
2001	2 428	4 105	5 816	1 401	285
2002	2 398	4 259	5 903	1 377	290
2003	2 385	4 363	5 986	1 257	292
2004	2 385	4 603	6 057	1 300	298
2005	2 405	4 850	6 115	1 308	307
2006	2 471	5 087	6 178	1 320	314
2007	2 503	5 353	6 250	1 333	324
2008	2 524	5 406	6 278	1 335	326
2009	2 556	5 343	6 303	1 337	328
2010	2 619	5 303	6 358	1 337	335
2011	2 713	5 257	6 431	1 336	349
2012	2 761	5 172	6 451	1 295	362
2013	2 814	5 070	6 462	1 258	371

#### 2.1.4 Seleção de veículo para transporte de mercadorias

Como na maioria das decisões que necessitam ser tomadas na logística, há um número de aspetos que precisam ser considerados ao tentar fazer a escolha mais adequada do veículo para uma frota de veículos. A decisão de seleção de veículos não deve ser feita isoladamente. É essencial que todos os vários aspetos sejam considerados antes de tirar conclusões finais. Há três áreas primárias que precisam ser cuidadosamente avaliadas - eficiência, economia e legalidade [17]. A eficiência, neste contexto, significa a maneira mais assertiva de fazer o trabalho, com base numa série de fatores importantes. A viatura deve ser útil, e esses fatores podem incluir:

- a natureza da operação, ou seja, a quilometragem anual, o terreno, o clima, entre outros;
- as características da carga, ou seja, atributos físicos, peso, entre outros;
- a especificação do veículo, ou seja, motor, caixa de velocidades, configuração do eixo, corpo, entre outros;

Por outro lado, a área económica/financeira está preocupada com o preço de compra e os custos operacionais de diferentes escolhas de veículo. Há alguns pontos que devem ser tidos em consideração. Este deve ser analisado e comparado com os custos e o desempenho das várias alternativas de veículos. As principais preocupações económicas são [17]:

- os custos fixos de um veículo, ou seja, desvalorização, licenças, seguros, etc.;
- o custo variável de um veículo, isto é, combustível, pneus, manutenção, entre outros;
- o valor residual de um veículo (alguns tipos de veículos incomuns não têm valores apelativos de revenda);
- os custos de operação durante a vida do veículo;
- fatores de utilização, ou seja, eficiência energética, outros custos por quilómetro;
- aquisição de veículos, ou seja, compra definitiva (amortização), contrato de arrendamento, entre outros;

A terceira e última área a considerar na seleção de veículos é a legalidade. Isso enfatiza a necessidade de garantir que os veículos sejam selecionados e operados dentro do transporte existente legislado. As condutas dos transportes são exigentes, e em constante mudança/atualização. Os principais fatores dizem respeito a:

- licenças do operador;
- regulamentos de construção e uso;
- pesos e dimensões dos veículos;
- características de saúde e segurança, como cintos de segurança, corrimões, proteções, entre outros;
- características ambientais obrigatórias, ou seja, controlos de emissão, entre outros.

## 2.2 Classificação de veículos automóveis

De acordo com o Artigo 105º do código da estrada [23], o automóvel é um veículo com motor de propulsão, dotado de pelo menos quatro rodas, com tara superior a 550 kg, cuja velocidade máxima é, por construção, superior a 25 km/h, e que se destina, pela sua função, a transitar na via pública, sem sujeição a carris.

### 2.2.1 Classes e tipos de automóveis

No Artigo 106º do código da estrada [23], verifica-se a seguinte classificação:

1. Os automóveis classificam-se em:
  - a) Ligeiros (veículos com peso bruto igual ou inferior a 3500 kg e com lotação não superior a nove lugares, incluindo o do condutor);
  - b) Pesados (veículos com peso bruto superior a 3500 kg ou com lotação superior a nove lugares, incluindo o do condutor).

2. Os automóveis ligeiros ou pesados incluem-se segundo a sua utilização nos seguintes tipos:
  - a) De passageiros (os veículos que se destinam ao transporte de pessoas);
  - b) De mercadorias (os veículos que se destinam ao transporte de carga).
3. Os automóveis de passageiros e de mercadorias que se destinam ao desempenho de função diferente do normal transporte de passageiros ou de mercadorias, são considerados especiais, tomando a designação a fixar em regulamento, de acordo com o fim a que se destinam.
4. As categorias de veículos para efeitos de aprovação de modelo são fixadas em regulamento.

### 2.2.2 Algumas definições importantes

Seguidamente são descritas algumas definições consideradas importantes na leitura deste trabalho [24].

Eixo – Conjunto de rodas de um veículo cujos centros se encontram num mesmo plano vertical, transversal a esse veículo.

Rodado – Conjunto de eixos a distância suficientemente pequena uns dos outros para poderem, para determinado fim, ser considerados como um único eixo.

Rodado Duplo – Conjunto de eixos onde existem duas rodas de cada lado.

Tara – Peso de um veículo sem carga.

Peso bruto – Soma da carga com a tara do veículo.

Distribuição da carga por eixo – carga total transmitida a cada eixo.

Carga por eixo – Carga total transmitida ao pavimento por um eixo ou um rodado.

### 2.2.3 Veículos únicos e conjunto de veículos

No artigo 111º em [23]:

1. Consideram-se veículos únicos:
  - a) O automóvel pesado, composto por dois segmentos rígidos permanentemente ligados por uma secção articulada, que permite a comunicação entre ambos;
  - b) O comboio turístico constituído por um trator e um ou mais reboques, destinados ao transporte de passageiros em pequenos percursos e com fins turísticos ou de diversão.
2. Conjunto de veículos é o grupo constituído por um veículo trator e seu reboque ou semirreboque.
3. Para efeitos de circulação, o conjunto de veículos é equiparado a veículo único.

### 2.2.4 Categorias dos veículos automóveis

As categorias de veículos são definidas de acordo com a seguinte classificação, apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 - Categoria dos Veículos Automóveis [25]

Categoria	Definição	Exemplo
<p><b>M -</b></p> <p>Veículos a motor concebidos e construídos para o transporte de passageiros, com pelo menos quatro rodas</p>	<p><b>M1</b> - veículos destinados ao transporte de passageiros, com oito lugares sentados, no máximo, além do lugar do condutor.</p>	 <p>Figura 10 - Exemplo de uma viatura classe M1 [26]</p>
<p><b>M -</b></p> <p>Veículos a motor concebidos e construídos para o transporte de passageiros, com pelo menos quatro rodas</p>	<p><b>M2</b> - veículos destinados ao transporte de passageiros, com mais de oito lugares sentados, além do lugar do condutor, e uma massa máxima em carga tecnicamente admissível não superior a 5 t.</p>	 <p>Figura 11 - Exemplo de uma viatura classe M2 [19]</p>
<p><b>M -</b></p> <p>Veículos a motor concebidos e construídos para o transporte de passageiros, com pelo menos quatro rodas</p>	<p><b>M3</b> - Veículos concebidos e construídos para o transporte de passageiros, com mais de oito lugares sentados além do condutor, e uma massa máxima superior a 5 t.</p>	 <p>Figura 12 - Exemplo de uma viatura classe M3 [19]</p>
<p><b>N -</b></p> <p>Veículos a motor concebidos e construídos para o transporte de mercadorias com, pelo menos, quatro rodas</p>	<p><b>N1</b> - Veículos concebidos e construídos para o transporte de mercadorias, com massa máxima não superior a 3,5 t.</p>	 <p>Figura 13 - Exemplo de uma viatura classe N1 (autoria própria)</p>
<p><b>N -</b></p> <p>Veículos a motor concebidos e construídos para o transporte de mercadorias com, pelo menos, quatro rodas</p>	<p><b>N2</b> - Veículos concebidos e construídos para o transporte de mercadorias, com massa máxima superior a 3,5 t, mas não superior a 12 t.</p>	 <p>Figura 14 - Exemplo de uma viatura classe N2 (autoria própria)</p>

N3 - Veículos concebidos e construídos para o transporte de mercadorias, com massa máxima superior a 12 t.



Figura 15 - Exemplo de uma viatura classe N3 [27]

O1 - Reboques com massa máxima não superior a 0,75 t.



Figura 16 - Exemplo de uma viatura classe O1 [24]

O2 - Reboques com massa máxima superior a 0,75 t, mas não superior a 3,5 t.



Figura 17 - Exemplo de uma viatura classe O2 [24]

O -  
Reboques  
(incluindo os  
semirreboques)

O3 - Reboques com massa máxima superior a 3,5 t mas não superior a 10 t.



Figura 18 - Exemplo de uma viatura classe O3 [26]

O4 - Reboques com massa máxima superior a 10 t.

No caso de um semirreboque ou reboque de eixo(s) central(is), a massa máxima a considerar para a classificação do reboque corresponde à carga vertical estática transmitida ao solo pelo eixo ou eixos do semirreboque ou reboque de eixo(s) central(is), quando ligado ao veículo trator e quando sujeito à sua carga máxima.



Figura 19 - Exemplo de uma viatura classe O4 (autoria própria)

### G - Veículos fora de estrada

**Veículos para fins especiais:** um veículo da categoria M, N ou O para transportar passageiros ou mercadorias, ou desempenhar uma função especial para a qual são necessários arranjos da carroçaria e ou equipamentos especiais.



Figura 20 - Exemplo de reboques especiais [28]

**Veículos para fins especiais** - um veículo da categoria M, N ou O para transportar passageiros ou mercadorias ou desempenhar uma função especial para a qual são necessários arranjos da carroçaria e ou equipamentos especiais.

**Autocaravanas:** um veículo da categoria M1 para fins especiais, construído de modo a incluir um espaço residencial.



Figura 21 - Exemplo de uma viatura Autocaravana [26]

**Ambulâncias:** veículos a motor da categoria M destinados aos transportes de pessoas doentes ou feridas, e que têm equipamentos especiais para tal fim.



Figura 22 - Exemplo de uma viatura Ambulância [29]

**Carros funerários:** veículos a motor destinados ao transporte de defuntos, e que têm equipamentos especiais para tal fim.



Figura 23 - Exemplo de uma viatura Funerária [24]

### 2.2.5 Dimensões e pesos

No que respeita à legislação de dimensões e pesos, os estados membros da União Europeia (UE) têm de transpor as diretivas estabelecidas no Conselho da União Europeia (CUE), conforme o tratado instituído.

Em julho de 1996, foi deliberada a diretiva [30] que fixa as dimensões máximas autorizadas no tráfego nacional e internacional, e os pesos máximos autorizados no tráfego internacional, para veículos rodoviários em circulação na UE. Posteriormente, houve necessidade de corrigir e alterar alguns pontos dessa diretiva, sendo que, em de 2002, o CUE anunciou uma nova [31] com as correções efetuadas. Essas alterações foram mais notórias em relação aos autocarros, a nível de dimensões e requisitos adicionais.

Porém, após cada estado membro da UE transpor as diretivas deliberadas pelo CUE, pode haver diferenças nas dimensões e pesos permitidos em cada país. Para todos os efeitos, a diretiva deliberada pelo CUE prevalece em termos legais em qualquer um dos estados membros.

Em Portugal, o Decreto-Lei (DL) [30] aprovou o regulamento que fixa os pesos e as dimensões máximas autorizadas para veículos em circulação, transpondo para direito interno a diretiva da CUE [31]. Desde 2005, o DL [30] sofreu algumas alterações. Em 11 de outubro de 2017, o DL [30] bem como todas as alterações realizadas foram revogadas, entrando em vigor o mais recente DL [32]. No anexo 6.1.16.1, encontram-se as características das dimensões e pesos permitidos segundo o DL [32] mais recente.

### 2.2.5.1 Relação dos Rodados

Todos os fabricantes de veículos utilizam uma nomenclatura para definição da relação dos rodados. Quando, por exemplo, um veículo automóvel ligeiro se diz 4x4, conclui-se que o mesmo tem tração às quatro rodas. No caso dos veículos pesados, convém perceber, por exemplo, quando se define um veículo de 4 eixos diz-se 8x2. A nomenclatura 8x2 significa que o veículo possui oito rodados (quatro de cada lado, podendo ser rodado duplo ou não), sendo que dois rodados são de tração, ou seja, um dos eixos é de tração. Na Figura 24 pode-se ver um exemplo esquemático de um veículo 6x4. São considerados seis rodados, onde dois dos rodados são duplos e de tração.

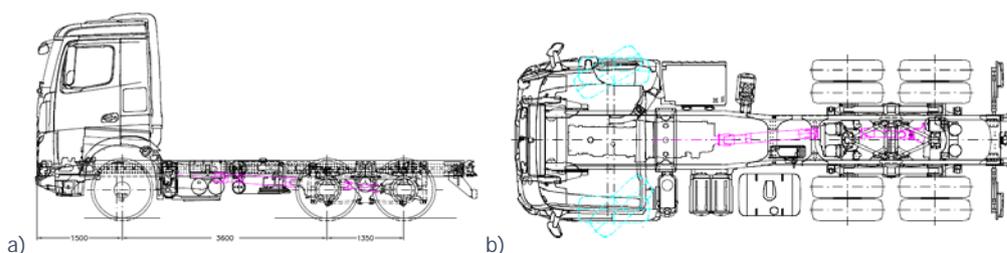


Figura 24 - Exemplo de um veículo pesado 6x4 de 26 t de peso bruto máximo, a) vista lateral e b) vista superior (autoria própria)

### 2.2.6 Eixos e Rodados

Quando se projeta uma carroçaria ou qualquer equipamento para um veículo automóvel pesado, é importante a relação dos rodados, a DEE e a carga que cada eixo poderá suportar para cálculo da repartição de cargas (tema abordado no subcapítulo 2.2.7 Repartição de cargas). Quando o número de eixos for dois, um à frente e um à retaguarda, considera-se como DEE a distância entre o primeiro e segundo eixos (Figura 25).

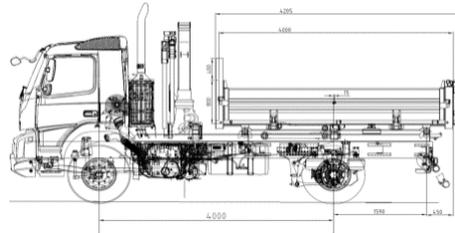


Figura 25 - Exemplo de viatura com 2 eixos 4x2 e de 19 t de peso bruto máximo admissível (autoria própria)

Quando o número de eixos for três, um à frente e dois à retaguarda, considera-se como DEE a distância entre o primeiro e o meio dos eixos dos rodados da retaguarda (Figura 26). Porém, algumas marcas assumem como DEE a distância do primeiro ao segundo eixo.

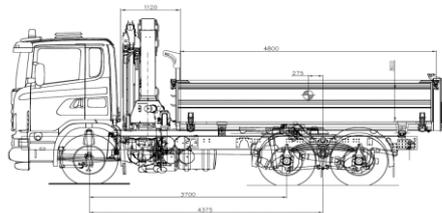


Figura 26 - Exemplo de viatura com 3 eixos de 6x4 e de 26 t de peso bruto máximo (autoria própria)

Se o número de rodados for de quatro, dois à frente e dois à retaguarda, será considerada como DEE a distância entre o primeiro eixo da frente e o meio dos eixos da retaguarda (Figura 27). Porém, algumas marcas produtoras de veículos assumem como DEE a distância do primeiro ao terceiro eixo.

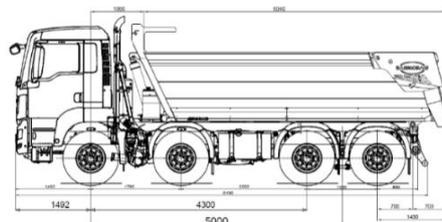


Figura 27 - Exemplo de viatura com 4 eixos 8x4 de 32 t de peso bruto máximo (autoria própria)

Na Suíça, existe uma configuração de veículo diferente dos países membros da EU, possível de transitar nas rodovias. Para os veículos pesados com 5 eixos, nesse país, o peso bruto máximo admissível é de 40 t (Figura 28), e podem ser rígidos.

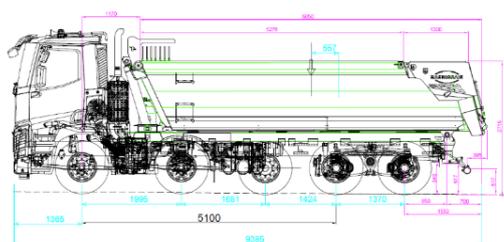


Figura 28 - Exemplo de uma viatura rígida com 5 eixos 10x4 de 40 t de peso bruto máximo (autoria própria)

Nos países membros da EU, o peso máximo admissível, do veículo da Figura 28, seriam 32 t e não 40 t, como na Suíça. Para um veículo poder ter um peso bruto máximo de 40 t (como referido em 6.1.2) nos países membros da UE, teria de ser constituído por um trator com semirreboque (Figura 29).

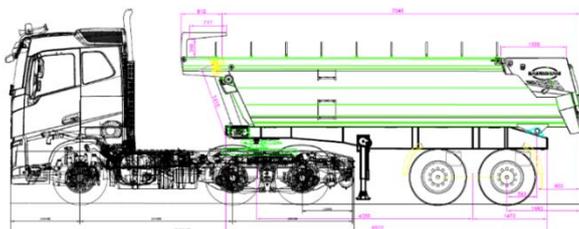


Figura 29 - Exemplo de um veículo trator semirreboque (autoria própria)

Apesar do peso bruto admissível dos veículos da Figura 28 e Figura 29 ser 40 t na Suíça, a grande diferença entre ambos consiste no primeiro ser um veículo único rígido, e o outro composto por um trator e um semirreboque, respetivamente. O trator, para rebocar um semirreboque, tem que possuir um sistema de engate designado por quinta roda, como os exemplos da Figura 30 (*fifth wheel* [33], em inglês), e conseqüentemente, acoplar um pino do engate, como o da Figura 31 (ou pino rei, ou *king pin* em inglês [33]) do semirreboque. Este sistema, por vezes, torna-se menos seguro em terrenos desnivelados e em manobras de marcha atrás, por ser o único ponto de rotação e sistema de engate, entre o semirreboque e o trator. Como muitos destes veículos têm de passar em terrenos desnivelados de obras e estaleiros com pavimentação com areia e rochas, muitos dos transportadores de mercadorias têm preferência por veículos rígidos sem reboque na Suíça, como o exemplo da Figura 28.

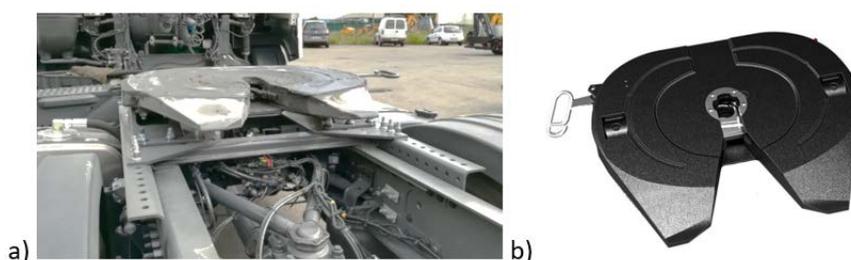


Figura 30 - Quinta roda (*fifth wheel*) a) equipada em um veículo (autoria própria) e b) exemplo de um fabricante [34]

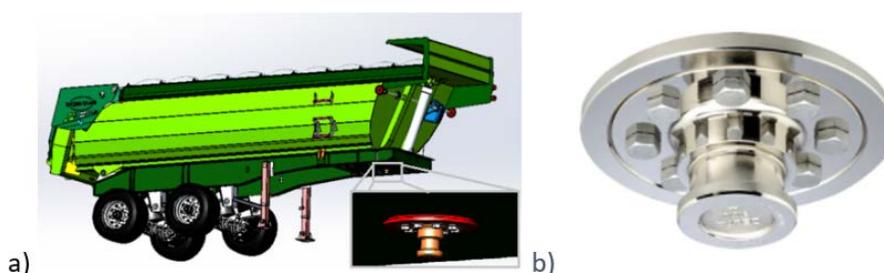


Figura 31 - Pino de engate de um semirreboque (*king pin*) a) projeto de um semirreboque com o pino (autoria própria) e b) exemplo de um fabricante [35]

### 2.2.7 Repartição de cargas

A repartição de cargas traduz o peso bruto que cada eixo irá suportar num veículo ou conjunto de veículo [36]. Quando, por exemplo, um veículo pesado de mercadorias tem 4 eixos e 32 t de peso bruto máximo admissível, é necessário garantir que todas as características exigidas por lei são respeitadas, relativamente aos pesos máximos por eixo. Uma das características muito importantes é: O peso bruto que incide sobre o eixo da frente não pode ser inferior a 20 % ou 15 % do peso bruto total, conforme se trate, respetivamente, de veículos de um ou mais eixos à retaguarda. Esta característica é importante para garantir que os eixos da frente, que normalmente são os direcionais, tenham carga suficiente e, conseqüentemente, força de reação do solo para garantir a aderência das rodas. As caixas dos veículos a motor e seus reboques, não podem prejudicar as suas condições de equilíbrio e estabilidade. Como referido anteriormente em 2.2.5, nos automóveis pesados, a linha vertical que passa pelo centro de gravidade resultante da caixa, carga e passageiros, deve estar situada à frente do eixo da retaguarda e a uma distância deste não inferior a 5 % da distância entre eixos. Como exemplo de um cálculo realizado, pode-se observar na Figura 32 que o peso calculado da viatura com carga no eixo da frente (7449 kg) é superior a 20% do peso bruto (15000 kg) e, o centro de gravidade do conjunto da viatura e caixa (cota G=1095 mm) é superior a 5% da DEE (5600 mm).

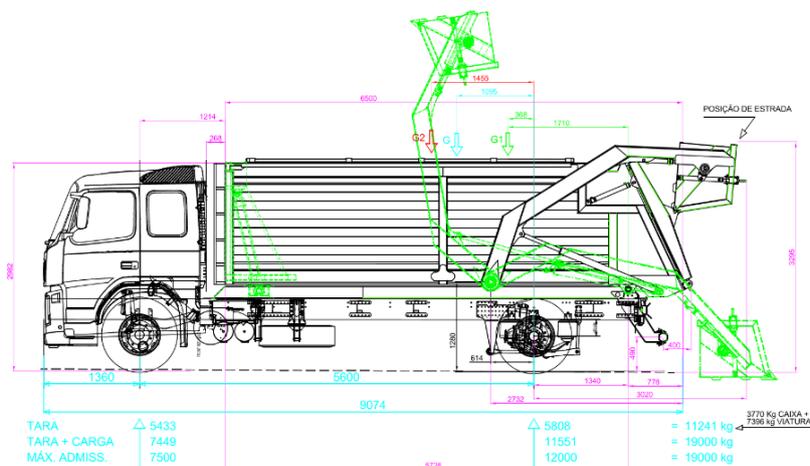


Figura 32 - Exemplo do cálculo de uma repartição de cargas (autoria própria)

### 2.3 Asfalto

A construção de estradas com asfalto não consiste em meramente realizar a cobertura do solo. Uma estrada é muito mais flexível do que, por exemplo, uma ponte de betão. Estradas com asfalto são, atualmente, estruturas de engenharia compostas por várias camadas. A camada visível que suporta diretamente os veículos é normalmente chamada de superfície de curso, com 40 a 75 mm de espessura [37] (exemplo assinalado com caixa azul na Figura 33).



Figura 33 - Exemplo em corte de uma via rodoviária com asfalto (adaptado de [38])

O asfalto consiste na mistura de um mineral (material inerte: areia, gravilha, granito, brita ou escórias, etc.) com o betume (substância mineral escura e viscosa, resultante da decomposição da matéria orgânica petróleo) e com alguma percentagem de asfalto reciclado que foi retirado das estradas (*Recycled asphalt pavement (RAP)*). Existem vários tipos e características de misturas de asfalto consoante o tipo de escolha do agregado mineral e betume, envolvendo um dos três modos existentes de mistura: Asfalto Mineral a Quente (*Hot Mineral Asphalt – HMA*), Mistura de Asfalto Aquecida (*Warm Mix Asphalt*) ou Mistura de Asfalto a Frio (*Cold-mix Asphalt - CMA*). Para o contexto deste trabalho é considerado o HMA, que compreende a maioria dos pavimentos e, em termos comerciais, são os mais importantes [37].

### 2.3.1 Carga, transporte e descarga de Asfalto

O tempo de transporte do asfalto, da central para o lugar de pavimentação desejado, é onde a perda térmica atinge valores mais elevados. A temperatura da mistura final (asfalto: betuminoso com gravilha, por exemplo) irá depender da distância da zona de pavimentação até à central de asfalto. Na Figura 34 pode-se ver um exemplo de medição da temperatura do asfalto no momento de carga para a caixa de uma viatura.

Como se verifica na Figura 34, a temperatura média registada do asfalto é aproximadamente 230 °C e a temperatura exterior da caixa medida é de - 8 °C. É então transportado para o local de destino: a máquina pavimentadora (Figura 36). As medições de temperatura foram realizadas por termografia.

Durante a descarga, a temperatura (Figura 35) não deverá ser inferior a 150 °C [39], [40] em caso algum, para garantir o melhor índice de viscosidade [37] do HMA. Se a temperatura for inferior a 150 °C, a viscosidade é fraca. Se a temperatura for acima dos 175 °C, a viscosidade já é considerada elevada, dependendo da classe do aglutinante. Em suma, a temperatura é crucial para a qualidade do asfalto [41].

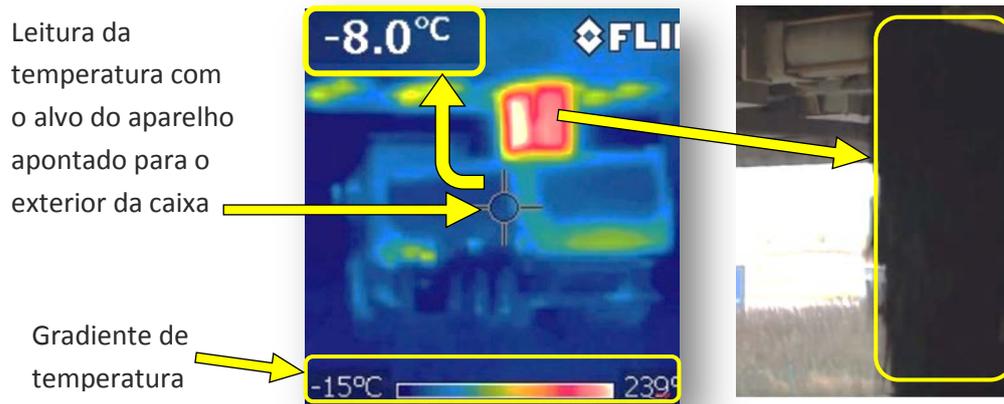


Figura 34 - Exemplo de medição da temperatura no momento de carga do asfalto (adaptado de [42])

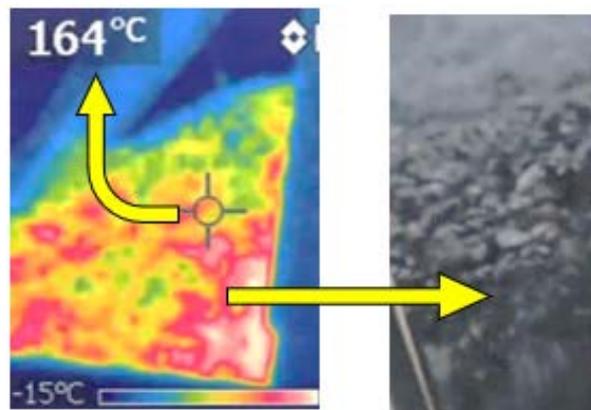


Figura 35 - Leitura da temperatura do asfalto no momento da descarga para a máquina pavimentadora (adaptado de [42])



Figura 36 - a) Exemplo de uma descarga de asfalto para a máquina pavimentadora b) vista da máquina pavimentadora depois da descarga (autoria própria)

### 2.3.2 Características e tipos de contentores para transporte de Asfalto a Quente

Os veículos que transportam HMA devem estar equipados com coberturas para providenciar duas principais funções [4]:

- Proteger a mistura de ações climatéricas nefastas, tais como chuva e neve. Grandes quantidades de água, atingindo um determinado nível de calor, pode levar a mistura de asfalto à descamação prematura, o que também diminuirá significativamente a temperatura;
- Reter o calor na mistura de asfalto e retardar os efeitos de arrefecimento pela ação do vento.

De acordo com as condições técnicas estabelecidas na Alemanha para a construção de asfalto (ZTV Asphalt-StB 07/13 – Germany), a temperatura da mistura do asfalto betuminoso não pode ser inferior em nenhuma ocasião a 150 °C. As coberturas de caixas basculantes, que não providenciam um isolamento térmico adequado, como o exemplo da caixa da Figura 37, não podem circular.



Figura 37 - Exemplo de uma caixa basculante em desuso para transporte de asfalto [43]

Desde 2016, o isolamento térmico é exigido em todos os lados (mesmo na frente, retaguarda e fundo) para contentores e caixas novas. Na Alemanha, depois de 01 de janeiro de 2019, o asfalto só poderá ser transportado em contentores/caixas com isolamento térmico. No futuro, pensa-se que os departamentos responsáveis pelos regulamentos de construção de estradas em outros países, irão reger-se pelos mesmos parâmetros.

Os contentores equipados com isolamento, para fornecer uma retenção de calor adicional, podem ser de vários tipos. Nas figuras da Tabela 5, evidenciam-se os tipos de contentores e respetivos sistemas existentes, para transporte de asfalto com isolamento. O responsável pelo projeto do pavimento/estrada, especifica os veículos para transporte que afetam a qualidade da mistura ou pavimento. Uma das especificações pode consistir no tipo de agente utilizado no interior da caixa. Os agentes de escoamento permitem que a mistura deslize facilmente. Não devem ser à base de solventes de petróleo, como combustível diesel. Estes agentes podem danificar a mistura, removendo a película do asfalto da mistura a quente. Existem agentes biodegradáveis para facilitar o escoamento, os quais não contêm solventes de petróleo e, normalmente, fazem um filme de sabão ou espuma [4].

Tabela 5 - Tipos de contentores para transporte de asfalto com isolamento térmico (adaptado de [44])

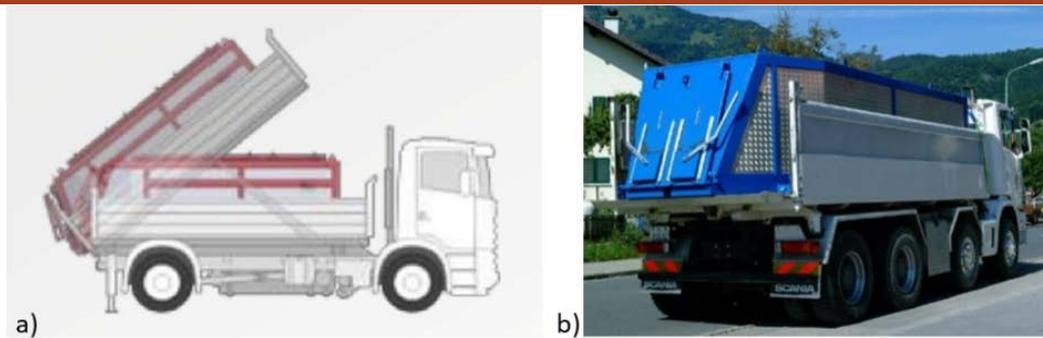


Figura 38 - Contentor para caixa basculante a) esquema e b) exemplo

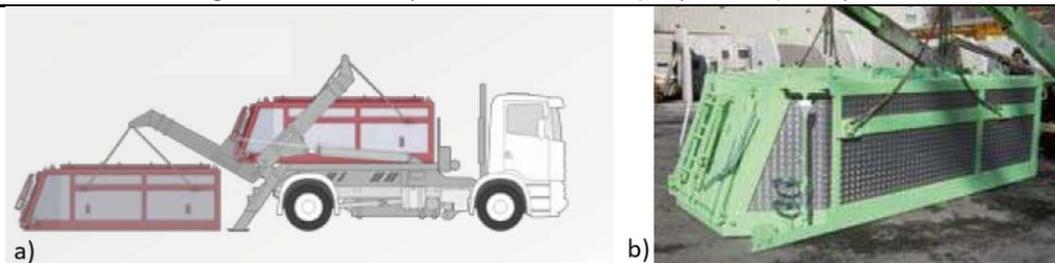


Figura 39 - Contentor para sistema de cabos e correntes (Lift-off) a) esquema e b) exemplo



Figura 40 - Contentor para sistema Poli-basculante (Ampliroll ou Hooklift) a) esquema e b) exemplo

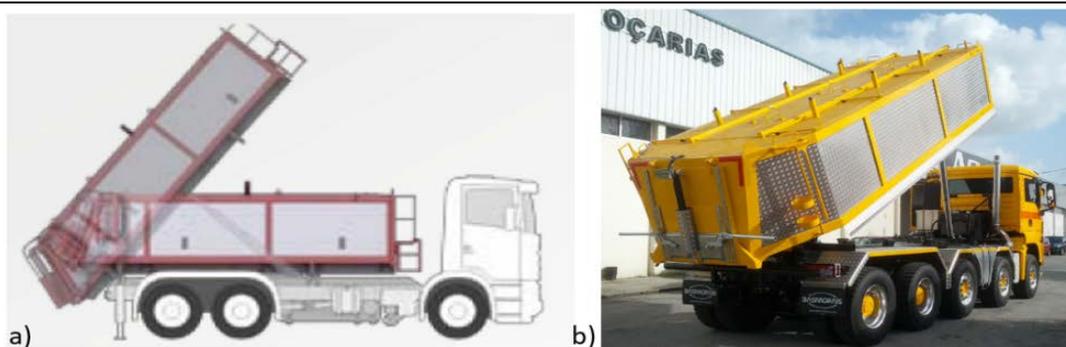


Figura 41 - Contentor basculante a) esquema e b) exemplo (autoria própria)

## 2.4 Design de produto e seleção de materiais

Antes de qualquer análise e avaliação, é necessário realizar um *design* inicial do produto, o responsável é confrontado com o ter de mostrar um conceito ou uma solução satisfatória, através de esboços e desenhos preliminares [45].

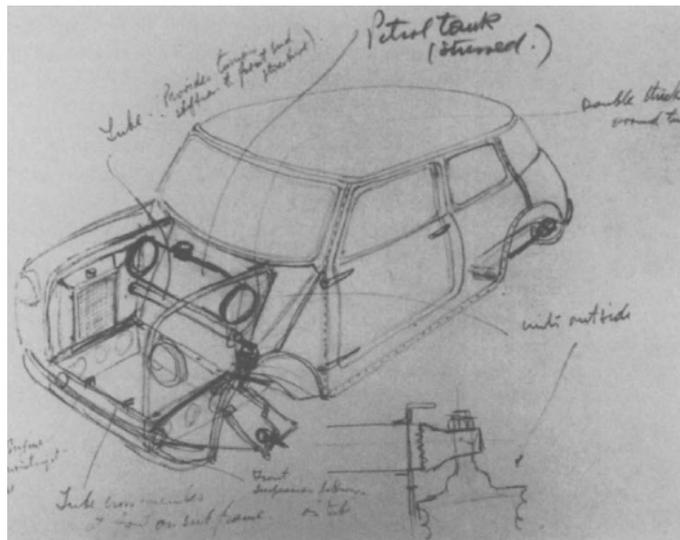


Figura 42 - Esquico do carro Mini realizado pelo *desiner* Alec Issigonis em 1959 [45]

O *design* do produto, a seleção do material, processamento, custo, disponibilidade, capacidade de reciclagem e desempenho na forma de produto final, tornaram-se inseparáveis [46]. A seleção de materiais e processos de fabrico tem por objetivo encontrar as melhores soluções que permitam passar do projeto ao produto final. As diretrizes de seleção, são critérios principais para a otimização de materiais e aplicações específicas, a fim de atender simultaneamente a diferentes requisitos [47].



Figura 43 - Esquema de soluções que permitam passar do projeto para o produto final (adaptado de [48])

Em cada uma das fases, são requeridas decisões de seleção sobre os materiais, o tipo de produto a ser produzido e os processos de fabrico para o produzir [7]. Na Figura 44 pode-se observar um fluxograma com as fases existentes no processo de design.

Existem metodologias de engenharia que visam reduzir o tempo de produção e custos para melhorar a qualidade e competitividade dos produtos, com ações de mudanças nas fases de design [49] podendo ser integradas em ferramentas de gestão. Uma metodologia chamada de Design For Manufacture and Assembly (DFMA), tem por base dois processos, o Design for Assembly (DFA) e o Design for Manufacturing (DFM) [50], com as respetivas ações de melhoria descritas na Figura 45.

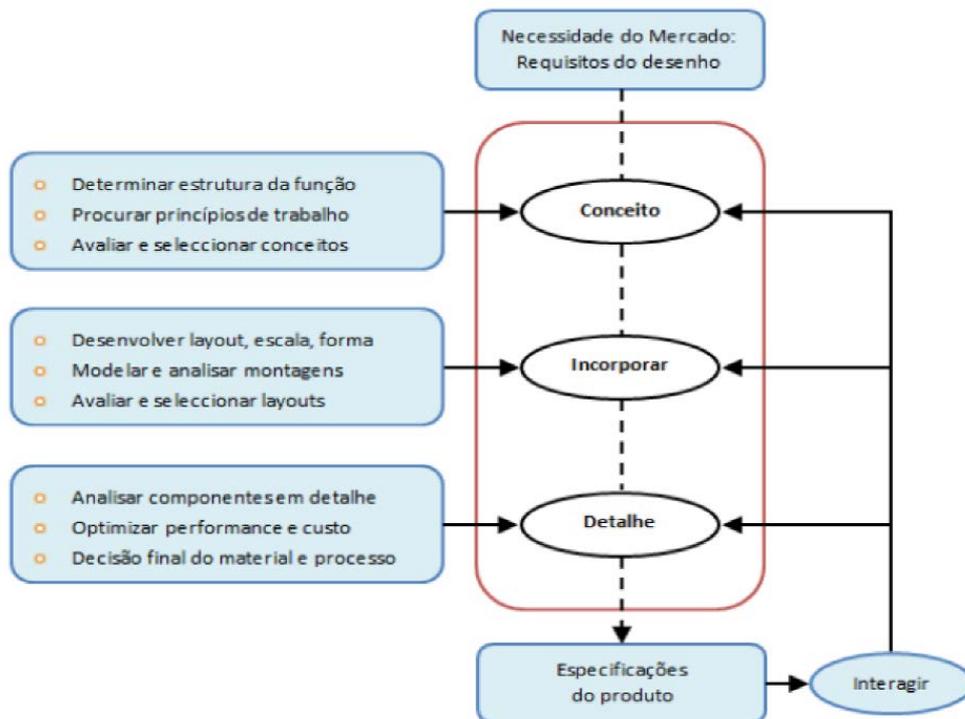


Figura 44 - Gráfico do curso de *design* num projeto (adaptado de [33])

Na Figura 45, pode-se evidenciar as fases dos processos DFA e DFM durante o fluxo da metodologia DFMA.

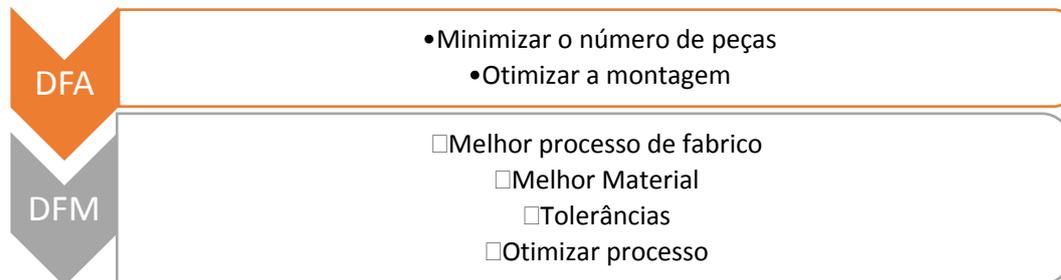


Figura 45 - Processos DFA e DFM [52]

A pesquisa e estudo de novos materiais para aplicação ou substituição por novas soluções com melhores desempenhos, é constante [53], podendo-se dividir os tipos de materiais de engenharia em seis grandes grupos, como mostrado na Figura 46.

A especificação de um material para o design final de um componente ou peça, tem de ter em conta várias características [54]. As propriedades dos materiais têm um fator primordial no desempenho de um componente, afetando: a resistência, densidade, resistência à fratura, resistência à fadiga, custo, disponibilidade, forma de fornecimento, ligação, corrosão ou resistência ambiental, entre outras [46]. Na Figura 47 verificam-se alguns materiais e valores das respetivas características.

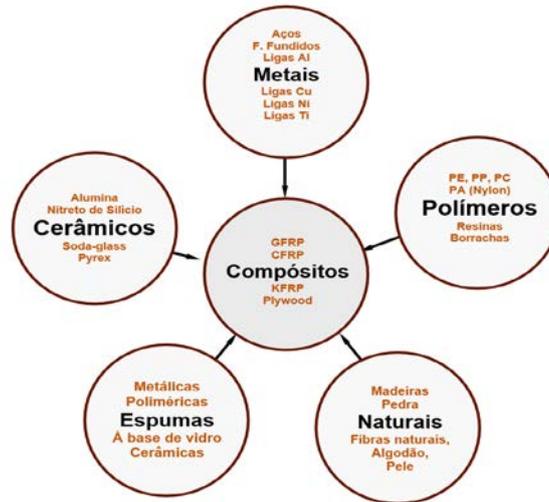


Figura 46 - Grupos dos materiais de engenharia [51]

	$\rho$ gr/cm <sup>3</sup>	$K_{IC}$ MPa.m <sup>1/2</sup>	$\sigma$ MPa	T °C	\$/peça €
Liga Al	2.5	30	600	700	100
GFRP	1.8	70	900	400	200
Aço	7.5	70	2000	600	50
Aço Ref	7.5	90	700	1200	100
Liga Ti	4.2	100	800	1000	200
Liga Ni	8.0	80	1100	1400	250

Figura 47 - Exemplo de materiais e algumas das suas propriedades [48]

### 2.4.1 Estratégia para seleção de materiais

Foi desenvolvido um processo para selecionar os materiais ótimos para uma aplicação com base em determinados requisitos, como propriedades físicas, custo e tipo de solicitação à qual o material será submetido [51]. A abordagem não é um processo de análise de elementos finitos, mas sim um processo de seleção de materiais, que inclui um banco de dados sobre materiais, propriedades, custos e vantagens, com os dados acessíveis de muitas maneiras.



Figura 48 - Combinação de propriedades que caracterizam o desempenho para uma dada aplicação [48]

A abordagem foi estendida para incluir o efeito da forma do componente, e muitos recursos foram incorporados em *websites* ([www.matweb.com](http://www.matweb.com), [www.materialexplore.com](http://www.materialexplore.com), entre outros) e em programas de computador (CES *Selector*, PLASCAMS, ECI-IT, entre outros). Estes tipos de ferramentas podem ser de excelente serviço na tomada de decisões rápidas, em termos de *design* e seleção de materiais.

O comércio de materiais disponíveis e formato de fornecimento, acrescenta algumas restrições na mudança e *design* de produtos. Sob estas restrições, a abordagem iniciada por Michael F. Ashby [55] pode ser usada para identificar as opções dos materiais mais apropriados. A base do processo de seleção de materiais preconizada por Ashby é o uso de índices quantitativos de desempenho, ou funções matemáticas dos requisitos de serviço, parâmetros geométricos e propriedades dos materiais.

#### 2.4.1.1 Índice de material

Em muitos casos, opta-se por escolher um índice de material (que combina duas propriedades), em vez de só uma propriedade. A escolha do índice de material depende da função ou da geometria de fornecimento de material. Existem índices recomendados para determinados tipos de solicitação que o material irá suportar, juntamente com a forma, como exemplificado na Tabela 6.

Tabela 6 - Exemplo do cálculo do índice de material consoante o modo de solicitação e forma [51]

Modo de Solicitação	Forma	Índice de Material	
		Rigidez	Resistência
Flexão	Barra, tubo	$E^{\frac{1}{2}}/\rho$	$\sigma^{\frac{2}{3}}/\rho$
	Chapa	$E^{\frac{1}{3}}/\rho$	$\sigma^{\frac{1}{2}}/\rho$
Tração	Barra	$E/\rho$	$\sigma/\rho$
Encurvadura	Coluna, tubo	$E^{\frac{1}{2}}/\rho$	-
	Chapa	$E^{\frac{1}{3}}/\rho$	-
Torção	Barra, tubo	$G/\rho$	$\sigma/\rho$
Pressão Interna	Reservatório de pressão cilíndrico	$E/\rho$	$\sigma/\rho$
	Reservatório de pressão esférico	$E/(1 - \nu)$	$\sigma/\rho$

Após o cálculo do índice de material, com recurso aos gráficos de Ashby, pode-se seleccionar os tipos de materiais com os índices e propriedades desejadas, como exemplo do gráfico da Figura 49.

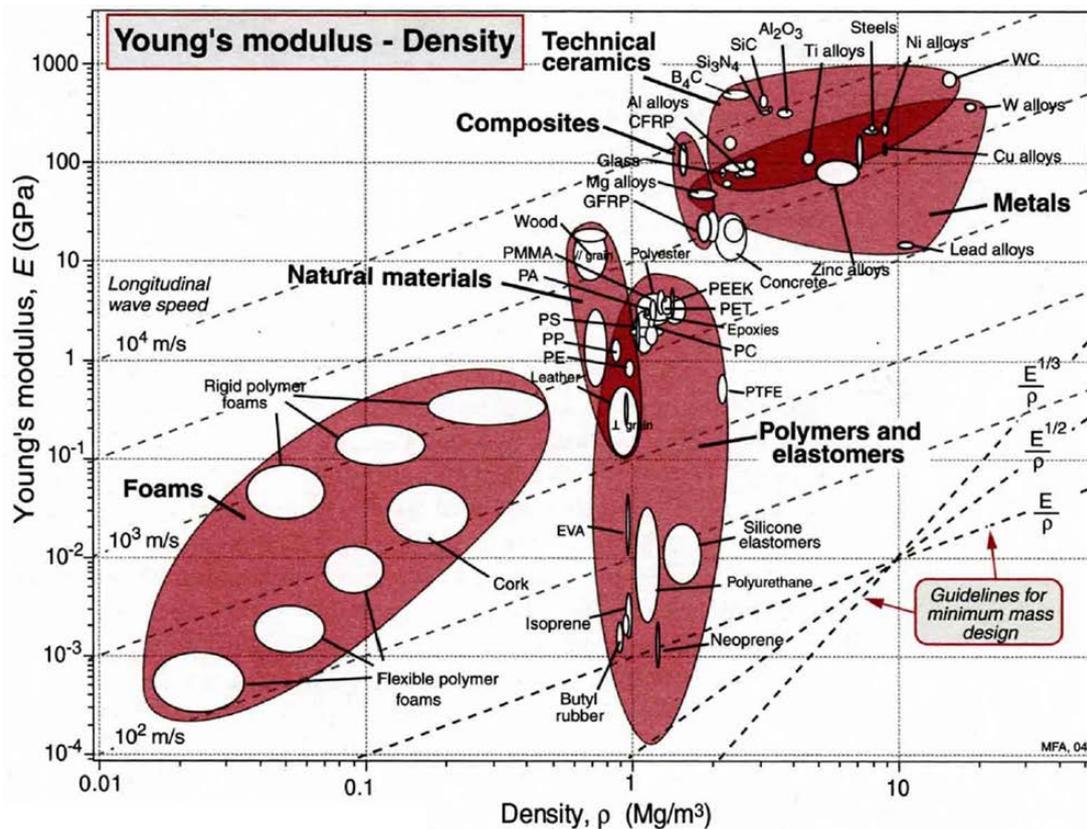


Figura 49 - Gráfico de materiais, correlação do módulo de elasticidade com a massa volúmica [51]

#### 2.4.1.2 Requisitos para a prescrição do material

Consoante as necessidades das funções que o material deverá suportar com a fiabilidade desejada, é necessário quantificar primeiramente a importância de cada característica/propriedade que seja necessário analisar.

Exemplo:

- Muito importante: peso ( $\rho$ )
- Muito importante: tenacidade à fratura ( $K_{IC}$ )
- Importante: resistência mecânica ( $\sigma > 700$  MPa)
- Pouco importante: resistência a quente ( $T > 900$  °C)
- Muito pouco importante: custo (material + processo)

Continuando com o exemplo da Figura 47, na Figura 50 exemplifica-se o cálculo do fator peso das propriedades relativamente à massa volúmica ( $\rho$ ). O atributo de comparação, neste caso, o  $\rho$  como referência (Ref.), tem que ter sempre uma importância inicial de 1. De seguida, relaciona-se a importância de  $\rho$  com cada uma das características escolhidas ( $n$ ), numa escala de 100. Depois calcula-se a importância de cada característica como se mostra na equação (1). A seguir, calcula-se a percentagem de cada  $Imp.$  das respetivas características como se mostra na equação (2), sendo que a soma total das percentagens (%) tem que ser igual a 1.

$$\text{Imp.} = \frac{1}{\left( \frac{\text{Imp.Ref.}}{\text{Imp.n}} \right)} \quad (1)$$

$$\% = \frac{\text{Imp.}}{\text{Total}} \quad (2)$$

	1/2	1/3	1/4	1/5	Imp.	%
$\rho$ (gr/cm <sup>3</sup> )	50	70	80	90	1	0.36
$K_{IC}$ (MPa.m <sup>1/2</sup> )	50				1	0.36
$\sigma$ (MPa)		30			0.43	0.154
T (°C)			20		0.25	0.09
\$/peça (€)				10	0.12	0.045
<b>Total</b>					<b>2.8</b>	<b>1</b>

Figura 50 - Exemplo do fator peso das propriedades de materiais [48]

Posto isto é necessário realizar uma ponderação dos materiais, comparando os valores específicos de cada um deles, com o valor máximo de cada propriedade, como se pode ver na tabela da Figura 51.

	$\rho$ gr/cm <sup>3</sup>	$K_{IC}$ MPa.m <sup>1/2</sup>	$\sigma$ MPa	T °C	\$/peça €
<b>Liga Al</b>	1.8/2.5 0.72	30/100 0.3	600/2000 0.33	700 0.7	50/100 0.5
<b>GFRP</b>	1.8/1.8 1	70/100 0.7	900/2000 0.45	400 0.5	50/200 0.25
<b>Aço</b>	1.8/7.5 0.25	70/100 0.7	<b>2000/2000</b> 1	600 0.6	<b>50/50</b> 1
<b>Aço Ref</b>	1.8/7.5 0.25	90/100 0.9	700/2000 0.35	1200 1	50/100 0.5
<b>Liga Ti</b>	1.8/4.2 0.43	<b>100/100</b> 1	800/2000 0.4	1000 0.9	50/200 0.25
<b>Liga Ni</b>	1.8/8.0 0.23	80/100 0.8	1100/2000 0.55	<b>1400</b> 1	50/250 0.2

Figura 51 - Exemplo de uma ponderação das propriedades dos materiais [48]

Nessa matriz (da Figura 51), são introduzidos os fatores de ponderação determinados para a importância dos atributos e para os valores das propriedades dos materiais em análise.

#### 2.4.1.3 Cálculo do índice de mérito ou desempenho

Após obtenção dos resultados das tabelas da Figura 50 e Figura 51, pode-se efetuar os cálculos dos índices de mérito (IM), como exemplificado na tabela da Figura 52.

Quanto maior o índice de desempenho, mais adequado é um material para um trabalho específico, com o peso necessário para alcançar um determinado nível de desempenho.

	Rest.	$\rho$ gr/cm <sup>3</sup>	$K_{IC}$ MPa.m <sup>1/2</sup>	$\sigma$ MPa	T °C	\$/peça €	
Materiais	T>600°C $\sigma_y$ >600	<b>0.36</b>	<b>0.36</b>	<b>0.154</b>	<b>0.09</b>	<b>0.045</b>	
Liga Al	X	0.72 0.26	0.3 0.11	0.33 0.045	0.7 0.063	0.5 0.0225	<b>0.501</b>
GFRP	X	1 <b>0.36</b>	0.7 0.252	0.45 0.07	0.5 0.045	0.25 0.0113	<b>0.74</b>
Aço	✓	0.25 0.09	0.7 0.252	1 <b>0.154</b>	0.6 0.054	1 <b>0.045</b>	<b>0.595</b>
Aço Ref	✓	0.25 0.09	0.9 0.32	0.35 0.053	1 0.09	0.5 0.0225	<b>0.575</b>
Liga Ti	✓	0.43 0.155	1 <b>0.36</b>	0.4 0.06	0.9 0.081	0.25 0.0113	<b>0.667</b>
Liga Ni	✓	0.23 0.083	0.8 0.29	0.55 0.085	1 <b>0.09</b>	0.2 0.009	<b>0.557</b>

Figura 52 - Exemplo do cálculo dos índices de mérito [48]

O material com maior índice de mérito (IM) foi o polímero reforçado com fibra de vidro (GFRP). Apesar disso, foi excluído, pois não possui resistência à temperatura suficiente para as especificações referidas anteriormente. A liga de Al também foi excluída, pois também não cumpre um dos requisitos exigidos, a sua resistência mecânica ( $\sigma$ ) não é maior do que 600 MPa.

	Rest.	$\rho$ gr/cm <sup>3</sup>	$K_{IC}$ MPa.m <sup>1/2</sup>	$\sigma$ MPa	T °C	\$/peça €	
Materiais	T>600°C $\sigma_y$ >600	<b>0.36</b>	<b>0.36</b>	<b>0.154</b>	<b>0.09</b>	<b>0.045</b>	
Liga Al	X	0.72 0.26	0.3 0.11	0.33 0.045	0.7 0.063	0.5 0.0225	<del><b>0.501</b></del>
GFRP	X	1 <b>0.36</b>	0.7 0.252	0.45 0.07	0.5 0.045	0.25 0.0113	<del><b>0.74</b></del>
Aço	✓	0.25 0.09	0.7 0.252	1 <b>0.154</b>	0.6 0.054	1 <b>0.045</b>	<b>0.595</b>
Aço Ref	✓	0.25 0.09	0.9 0.32	0.35 0.053	1 0.09	0.5 0.0225	<b>0.575</b>
Liga Ti	✓	0.43 0.155	1 <b>0.36</b>	0.4 0.06	0.9 0.081	0.25 0.0113	<b>0.667</b>
Liga Ni	✓	0.23 0.083	0.8 0.29	0.55 0.085	1 <b>0.09</b>	0.2 0.009	<b>0.557</b>

O maior valor corresponde ao melhor material, ou seja Liga de titânio

Figura 53 - Exemplo da análise dos índices de desempenho obtidos [48]

#### 2.4.2 Preocupações de sustentabilidade

O projeto e desenvolvimento de produtos sustentáveis é cada vez mais importante no nosso planeta [56], não só por causa da elevada poluição atmosférica, mas também pela longevidade, reciclagem, fiabilidade e custo dos produtos [57]. É necessária a adoção de estratégias ambientais, não só pelas empresas (como, por exemplo, normas ambientais ISO 14001), mas também no desenvolvimento dos seus produtos.

### 2.4.2.1 Conceito de *Ecodesign*

O *Ecodesign* ou Design Ambiental, tem como base promover a utilização de materiais alternativos e planejar o desenvolvimento, a produção, o uso e a reciclagem, procurando reduzir o impacto ambiental causado pela produção industrial em larga escala. A diretiva do *Ecodesign* na CUE, consiste basicamente em dois pilares [56]:

1. Conservação de recursos;
2. Melhoria da eficiência energética dos produtos relacionados com a energia.

De momento, a diretiva apenas é exigida para produtos que tenham significativo em termos de volume de vendas (por exemplo, mais de 200 mil unidades por ano) no mercado da UE, mas não deixa de ser importante para séries mais pequenas, devido aos seguintes princípios:

- Escolha de materiais de baixo impacto ambiental (menos poluentes, não-tóxicos ou de produção sustentável ou reciclados, ou que requerem menos energia na fabricação);
- Eficiência energética (utilizar processos de produção com menos energia);
- Qualidade e durabilidade (produzir produtos que durem mais tempo e funcionem melhor, a fim de gerar menos lixo);
- Modularidade (criar objetos cujas peças possam ser trocadas em caso de defeito, pois assim não é todo o produto que é substituído, o que também gera menos lixo);
- Reutilização (propor objetos feitos a partir da reutilização ou reaproveitamento de outros objetos; projetar o objeto para sobreviver ao seu ciclo de vida, criando ciclos fechados sustentáveis).

Um exemplo muito predominante nos dias de hoje, que exige uma grande quantidade de energia é a produção do alumínio. Mas, pela sua leveza, este material é, ao mesmo tempo, muito indicado para aplicação em produtos que devam ser movidos ou transportados várias vezes [58].

Muitos diretores de pequenas e médias empresas (PME) questionam que o conceito de sustentabilidade e *Ecodesign* não se adequam, ou talvez seja impossível de ser aplicado nos seus negócios, mas no início dos anos 90, a empresa *Boston Consulting Group* demonstrou que, depois do custo e qualidade, o Ambiente é o aspeto mais importante a ter em consideração pelos clientes [56].

Se as qualidades ambientais de um produto forem superiores à concorrência, a tendência do mercado será seguir as características desse produto. Uma melhor compatibilidade ambiental de um determinado produto, não significa que o mesmo seja mais caro. Com uma gestão inteligente de recursos, a massa pode ser reduzida e a transição para outros materiais pode ser possível.

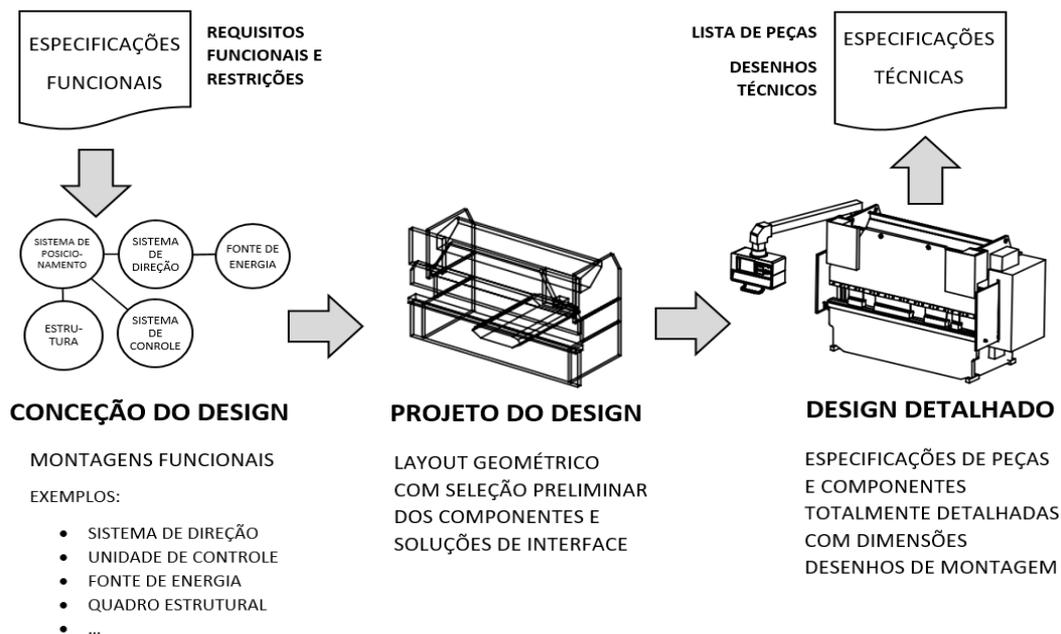


Figura 54 - Exemplo de um esquema de decisão criada para o *Ecodesign* nas diferentes fases do design (adaptado de [59])

Estratégias de gestão com foco no ambiente, irá ajudar a empresa a lidar mais eficientemente com novos regulamentos e estar precavida, pelo menos parcialmente, de possíveis surpresas promovidas pelos concorrentes [56]. Por exemplo, uma empresa que exporta produtos para os países da União Europeia, deverá estar consciente que:

- a CUE já anunciou que as empresas não devem estagnar com as diretivas de *Ecodesign*, mas sim estendê-las a todos os tipos de produto;
- A marcação CE dos produtos irá eventualmente garantir um maior respeito pelo ambiente.

Desde os anos 60 do século passado, o reconhecimento dos problemas ambientais aumentou drasticamente, resultando numa procura de soluções compatíveis com esta preocupação. Nos últimos anos, estes problemas assumem um maior protagonismo com as alterações climáticas que têm ocorrido, tendo uma correlação direta com o uso de combustíveis fósseis e eficiência energética [60]. A pressão por acordos políticos a nível internacional (como, por exemplo, o Protocolo de Quioto) e de várias organizações, resultaram num elevado nível de preocupações por parte das entidades públicas [61].



Figura 55 - Alguns exemplos de logótipos/etiquetas disponíveis com apelo ecológico [59]

Empresas mais conscientes, vão querer investir mais no que toca ao ambiente, para aumentar as suas quotas de mercado. Esse investimento, exige também um enorme esforço de *marketing*. Por outro lado, algumas empresas adotam o pensamento de “esperar para ver”, para mais tarde ter alguma atitude [56], mas as questões continuam em cima da mesa. Será que os consumidores irão aderir a conceitos que respeitem de forma mais acentuada o ambiente? Haverá retorno desse investimento [62]? O mundo está em constante mudança, e vivemos num período de transição, com uma sociedade baseada no uso de energia através de combustíveis fósseis, para uma sociedade que poderá ter por base o consumo de energia renovável [63].

## 2.5 Engenharia de Produto

Qualquer produto produzido necessita que seja realizado o desenho dos seus componentes, bem como as características idealizadas para a obtenção do mesmo [64]. Os projetos de Leonardo Da Vinci marcaram a história [65]. No início do século XVI, haviam outros cientistas e engenheiros com desenhos de máquinas, mas até àquela data, nenhum tinha realizado trabalhos com precisão e detalhe como ele apresentara, influenciando significativamente as gerações seguintes [66].

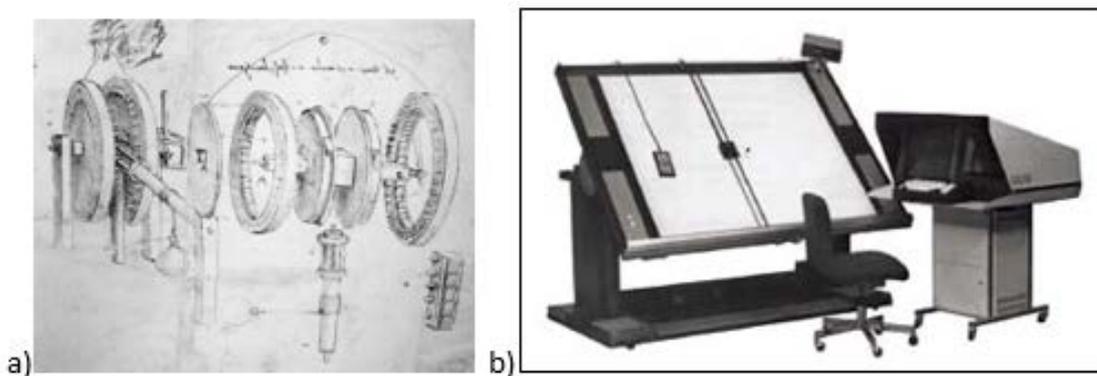


Figura 56 - a) Exemplo de um guincho de elevação, em vista explodida, idealizado por Leonardo da Vinci em 1509 [67] e b) exemplo de uma mesa de desenho com possibilidade de digitalizar para o computador, de 1965 [68]

O desenho em papel continuou até aparecerem os computadores. Mais tarde, as aplicações de desenho, que se iniciaram pelo 2D e evoluíram para o 3D, vieram facilitar em muito o trabalho moroso de projetar/desenhar com definição, os produtos em papel/catálogos [69].

Nos dias de hoje, a intenção de substituir o papel por sistemas de visualização digital na produção de projetos está cada vez mais presente. A atualização dos ficheiros e organização passa a ser imediata, após a validação, não havendo mais necessidade de impressões e custos com papel e tinteiros.

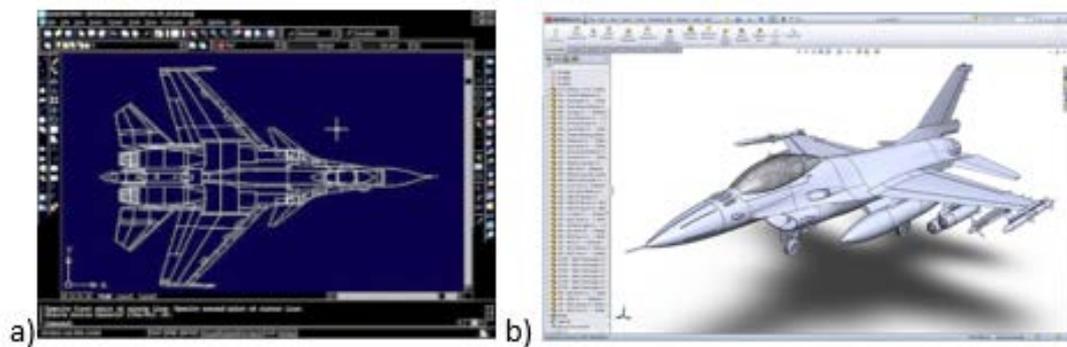


Figura 57 - a) Exemplo de um desenho 2D do ano de 2000 [70] e b) exemplo de desenho 3D realizado recentemente [71]

Em 2015, foi lançado, pela empresa Dessoault Systèmes<sup>®</sup>, integrado no programa SolidWorks<sup>®</sup>, a ferramenta Model Based Definition (MBD). Esta comunicação é referida como Product and Manufacturing Information (PMI), diretamente em 3D, ultrapassando o tempo de desenho 2D, e eliminando potenciais problemas [72] com o operador, como mostrado no exemplo da Figura 58.



Figura 58 - Exemplo de consulta digital na produção [72]

### 2.5.1 Processos de fabrico

Genericamente, o processo de fabrico define-se como o processo de converter matérias-primas em produtos [73]. A escolha do material está intrinsecamente ligada com a possibilidade de obtenção do produto. É preciso processar o material, a fim de obter o *design* e ou a forma desejada. O processo de fabrico é fulcral, pois, dependendo da cadência de produtos a realizar, bem como da forma ou geometria, é necessário existir um processo de produção capaz [74]. Quando necessitamos ligar peças e/ou subprodutos, teremos que ponderar qual o processo mais indicado para o efeito, tendo em atenção fatores tão importantes quanto o(s) material(ais) a ligar, as solicitações a que o conjunto vai estar sujeito, a resistência requerida, entre muitos outros [75].

A evolução de novas aplicações e desenvolvimento de máquinas e ferramentas é constante, não só devido à melhoria contínua estar patente nos processos, mas também pela necessidade de processar novos tipos de materiais [46]. Existe uma quantidade elevada de processos de fabrico e, algumas vezes, processos diferentes com o mesmo objetivo final, com cadências e qualidades diferentes (por exemplo, o processo de ligação por soldadura pode ser manual ou robotizado).

De forma a ir de encontro ao processo pretendido, ou mais adequado, pode-se consultar tabelas (Figura 59) com indicação do processo, e melhor escolha, consoante o tipo de material e cadência desejada.

MATERIAL QUANTITY	IRONS	STEEL (carbon)	STEEL (tool, alloy)	STAINLESS STEEL	COPPER & ALLOYS	ALUMINIUM & ALLOYS	MAGNESIUM & ALLOYS	ZINC & ALLOYS	TIN & ALLOYS	LEAD & ALLOYS	NICKEL & ALLOYS	TITANIUM & ALLOYS	THERMOPLASTICS	THERMOSETS	FR COMPOSITES	CERAMICS	REFRACTORY METALS	PRECIOUS METALS
	VERY LOW 1 TO 100	[1.5] [1.6] [1.7] [4.M]	[1.5] [1.7] [3.10] [4.M] [5.1] [5.5] [5.6]	[1.1] [1.5] [1.7] [3.10] [4.M] [5.1] [5.5] [5.6] [5.7]	[1.5] [1.7] [3.7] [3.10] [4.M] [5.1] [5.5] [5.6]	[1.5] [1.7] [3.10] [4.M] [5.1]	[1.5] [1.7] [3.7] [3.10] [4.M] [5.5]	[1.6] [1.7] [3.10] [4.M] [5.1] [5.5]	[1.1] [1.7] [3.10] [4.M] [5.5]	[1.1] [1.7] [3.10] [4.M] [5.5]	[1.1] [3.10] [4.M] [5.5]	[1.5] [1.7] [3.10] [4.M] [5.1] [5.5] [5.6]	[1.1] [1.6] [3.7] [3.10] [4.M] [5.1] [5.5] [5.6] [5.7]	[2.5] [2.7]	[2.5] [5.7]	[2.2] [5.7]	[1.5] [5.1] [5.5] [5.6] [5.7]	[1.1] [5.7]
LOW 100 TO 1,000	[1.2] [1.5] [1.6] [1.7] [4.M] [5.3] [5.4]	[1.2] [1.5] [1.7] [3.10] [4.M] [5.1] [5.3] [5.4] [5.5]	[1.1] [1.2] [1.7] [4.M] [5.1] [5.3] [5.4] [5.5] [5.6] [5.7]	[1.2] [1.7] [3.7] [3.10] [4.M] [5.1] [5.3] [5.4] [5.5]	[1.2] [1.5] [1.7] [1.8] [3.5] [3.10] [4.M] [5.1] [5.3] [5.4]	[1.2] [1.5] [1.7] [1.8] [3.7] [3.10] [4.M] [5.5] [5.4] [5.5]	[1.6] [1.7] [1.8] [3.10] [4.M] [5.5]	[1.1] [1.7] [1.8] [3.10] [4.M] [5.5]	[1.1] [1.7] [1.8] [3.10] [4.M] [5.5]	[1.1] [1.8] [3.10] [4.M] [5.5]	[1.2] [1.5] [1.7] [3.10] [4.M] [5.1] [5.5] [5.6]	[1.1] [1.6] [3.7] [3.10] [4.M] [5.1] [5.3] [5.4] [5.5] [5.6] [5.7]	[2.3] [2.5] [2.7]	[2.2] [2.3] [2.7]	[2.2] [2.3] [5.7]	[1.5] [5.1] [5.5] [5.6] [5.7]	[5.7]	[5.5]
LOW TO MEDIUM 1,000 TO 10,000	[1.2] [1.3] [1.5] [1.6] [1.7] [3.11] [4.A] [5.2]	[1.2] [1.3] [1.5] [1.7] [3.1] [3.3] [3.10] [3.11] [4.A] [5.2] [5.3] [5.4] [5.5]	[1.2] [1.5] [1.7] [3.1] [3.4] [3.11] [4.A] [5.2] [5.3] [5.4] [5.5]	[1.2] [1.5] [1.7] [3.1] [3.3] [3.7] [3.10] [3.11] [4.A] [5.2] [5.3] [5.4] [5.5]	[1.2] [1.3] [1.5] [1.8] [3.1] [3.3] [3.10] [3.11] [4.A] [5.2] [5.3] [5.4]	[1.2] [1.3] [1.5] [1.8] [3.1] [3.3] [3.7] [3.10] [3.11] [4.A] [5.3] [5.5]	[1.3] [1.6] [1.8] [3.1] [3.3] [3.4] [3.10] [4.A] [5.5]	[1.3] [1.8] [3.3] [3.10] [4.A] [5.5]	[1.3] [1.8] [3.3] [3.10]	[1.3] [1.8] [3.3] [3.10]	[1.2] [1.3] [1.5] [1.7] [3.1] [3.3] [3.10] [4.A] [5.2] [5.3] [5.4] [5.5] [5.6] [5.7]	[3.1] [3.7] [3.10] [3.11] [4.A] [5.2] [5.3] [5.4] [5.5]	[2.3] [2.5] [2.6] [2.7]	[2.2] [2.3] [2.4]	[2.1] [2.2] [2.3]	[5.2] [5.3] [5.4] [5.5]	[5.5]	[5.5]
MEDIUM TO HIGH 10,000 TO 100,000	[1.2] [1.3] [1.5] [1.6] [3.11] [4.A]	[1.9] [3.1] [3.3] [3.4] [3.5] [3.11] [3.12] [4.A] [5.2] [5.5]	[3.1] [3.4] [3.5] [3.11] [3.12] [4.A] [5.2]	[1.9] [3.1] [3.3] [3.4] [3.5] [3.11] [3.12] [4.A]	[1.2] [1.4] [1.9] [3.1] [3.3] [3.4] [3.5] [3.11] [3.12] [4.A]	[1.2] [1.3] [1.4] [1.9] [3.1] [3.3] [3.3] [3.5] [3.11] [3.12] [4.A] [5.5]	[1.3] [1.4] [1.8] [3.1] [3.4] [3.5] [3.12] [4.A]	[1.3] [1.4] [3.3] [3.4] [3.5] [3.12] [4.A]	[1.3] [1.4] [3.3] [3.4] [3.5] [3.12] [3.12]	[1.3] [1.4] [3.3] [3.4] [3.5] [3.12] [4.A]	[3.1] [3.3] [3.5] [3.4] [3.11] [3.12] [4.A] [5.2] [5.5]	[3.1] [3.4] [3.11] [3.12] [4.A] [5.2] [5.5]	[2.1] [2.3] [2.5] [2.6] [2.9]	[2.1] [2.3] [2.9]	[2.1] [2.3]	[3.11] [3.12]	[3.11] [3.12]	[3.5]
HIGH 100,000+	[1.2] [1.3] [3.11] [4.A]	[1.9] [3.1] [3.2] [3.3] [3.4] [3.5] [3.12] [4.A]	[4.A]	[1.9] [3.2] [3.3] [4.A]	[1.2] [1.9] [3.1] [3.2] [3.3] [3.4] [3.5] [3.7] [3.8] [3.11] [3.12] [4.A]	[1.2] [1.3] [1.4] [1.9] [3.1] [3.2] [3.3] [3.4] [3.5] [3.8] [3.12] [4.A]	[1.3] [1.4] [3.1] [3.3] [3.4] [3.8] [3.12] [4.A]	[1.4] [3.2] [3.3] [3.4] [3.5] [4.A]	[1.4] [3.3] [3.4] [4.A]	[1.4] [3.2] [3.3] [3.4] [4.A]	[3.2] [3.3] [4.A]	[4.A]	[2.1] [2.6] [2.9]	[2.1] [2.3] [2.4] [2.9]		[3.7] [3.11]	[3.11]	[3.5]
ALL QUANTITIES	[1.1]	[1.1] [1.6] [3.6] [3.8] [3.9]	[1.6] [3.6]	[1.1] [1.6] [3.6] [3.8] [3.9]	[1.1] [1.6] [3.6] [3.8] [3.9] [5.5]	[1.1] [1.6] [3.6] [3.8] [3.9]	[1.1] [3.6] [3.8] [3.9]	[3.6] [3.8] [3.9]		[3.6]	[1.1] [1.6] [3.6] [3.8] [3.9]	[3.8] [3.9]				[5.5]	[1.6]	[1.6]

**KEY TO MANUFACTURING PROCESS PRIMA SELECTION MATRIX:**

<p><b>CASTING PROCESSES</b>                  [1.1] SAND CASTING                  [1.2] SHELL MOULDING                  [1.3] GRAVITY DIE CASTING                  [1.4] PRESSURE DIE CASTING                  [1.5] CENTRIFUGAL CASTING                  [1.6] INVESTMENT CASTING                  [1.7] CERAMIC MOULD CASTING                  [1.8] PLASTER MOULD CASTING                  [1.9] SQUEEZE CASTING</p>	<p><b>PLASTIC &amp; COMPOSITE PROCESSING</b>                  [2.1] INJECTION MOULDING                  [2.2] REACTION INJECTION MOULDING                  [2.3] COMPRESSION MOULDING                  [2.4] TRANSFER MOULDING                  [2.5] VACUUM FORMING                  [2.6] BLOW MOULDING                  [2.7] ROTATIONAL MOULDING                  [2.8] CONTACT MOULDING                  [2.9] CONTINUOUS EXTRUSION (PLASTICS)</p>	<p><b>FORMING PROCESSES</b>                  [3.1] CLOSED DIE FORGING                  [3.2] ROLLING                  [3.3] DRAWING                  [3.4] COLD FORMING                  [3.5] COLD HEADING                  [3.6] SWAGING                  [3.7] SUPERPLASTIC FORMING                  [3.8] SHEET-METAL SHEARING                  [3.9] SHEET-METAL FORMING                  [3.10] SPINNING                  [3.11] POWDER METALLURGY                  [3.12] CONTINUOUS EXTRUSION (METALS)</p>	<p><b>MACHINING PROCESSES</b>                  [4.A] AUTOMATIC MACHINING                  [4.M] MANUAL MACHINING                  (THE ABOVE HEADINGS COVER A BROAD RANGE OF MACHINING PROCESSES AND LEVELS OF CONTROL TECHNOLOGY. FOR MORE DETAIL, THE READER IS REFERRED TO THE INDIVIDUAL PROCESSES.)</p>	<p><b>NTM PROCESSES</b>                  [5.1] ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING (EDM)                  [5.2] ELECTROCHEMICAL MACHINING (ECM)                  [5.3] ELECTRON BEAM MACHINING (EBM)                  [5.4] LASER BEAM MACHINING (LBM)                  [5.5] CHEMICAL MACHINING (CM)                  [5.6] ULTRASONIC MACHINING (USM)                  [5.7] ABRASIVE JET MACHINING (AJM)</p>
--	---	--	--	--

Figura 59 - Tabela de seleção do processo de fabrico [76]

## 2.5.2 Simulação de Projeto

Muitos fenômenos, em engenharia, são governados por equações integrais ou diferenciais. Nestes problemas, as variáveis de campo devem satisfazer uma ou mais equações de equilíbrio em todo o seu domínio, e satisfazer restrições específicas em certas fronteiras - as condições fronteira [77]. A resolução de problemas pela solução exata das equações diferenciais, apenas é possível para geometrias muito simples, que raramente interessam no mundo real, onde os problemas a analisar são muito mais complexos. O Método de Elementos Finitos (MEF) permite uma estimativa numérica de equações que retornam soluções aproximadas para as variáveis em análise, através de um número discreto de pontos do domínio - os nós dos elementos finitos [78].

Um dos passos fundamentais para a análise de qualquer tipo de problema pelo MEF é a criação da malha de Elementos Finitos. Por outro lado, como tipicamente a geometria tem arestas planas, se tiver fronteiras curvas, é impossível incluir a malha de elementos finitos. Este cenário é representado na Figura 62. De notar que, com elementos triangulares, se conseguiria uma aproximação da geometria arbitrada ainda mais próxima do real.

Os programas de desenho 3D, não vieram somente facilitar todas as áreas que utilizam a modelação gráfica, mas principalmente na área da Engenharia, surgem cada vez mais, e importantes ferramentas, alinhadas com a simulação em projeto [79]. Essas ferramentas consistem na utilização de ferramentas CAE (*Computer Aided Engineering*) durante o processo de desenvolvimento, e não apenas no final [80]. Existem vários programas com estas ferramentas, baseadas em análise MEF (ou FEA – *Finite Elements Analysis, em inglês*) [81] para simulação.

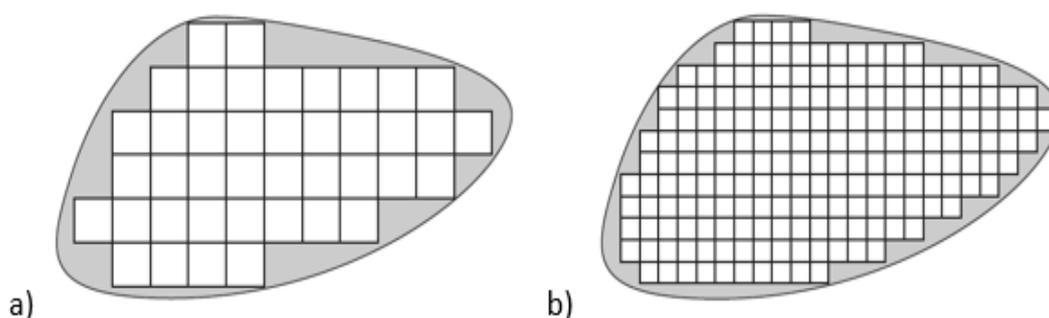


Figura 60 - Exemplo de uma secção com malha de elementos finitos: a) malha grosseira com 41 elementos e b) malha mais refinada, com 192 elementos [77]

No programa SolidWorks®, o modelo é dividido em pequenos elementos e nós. As forças distribuídas são aplicadas em cada elemento e nó [82]. O resultado cumulativo das forças é calculado, e exibido em diferentes tipos de resultados pretendidos [83]. Seguindo uma determinada metodologia de análise, avança-se primeiramente para a

realização da simulação com uma malha *standard*, e depois refina-se a malha na zona possivelmente crítica (Figura 61), tendo por base um seguimento como se descreve a seguir:

1. Tipo de estudo;
2. Tipo de material;
3. Condições fronteira;
4. Tipo de ligações;
5. Esforços aplicados;
6. Criação da malha;
7. Processamento da análise;
8. Análise de resultados.

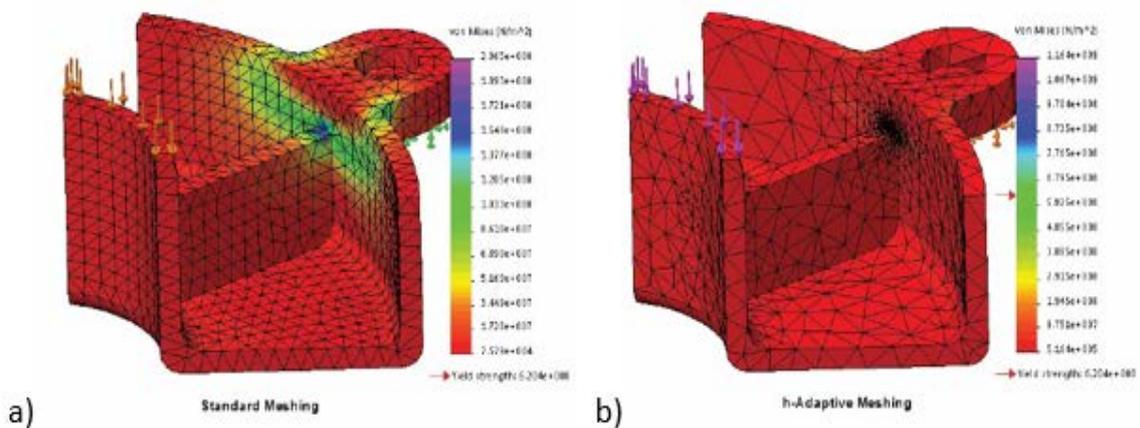


Figura 61 - Exemplo de uma simulação realizada no SolidWorks® a) com malha standard e b) com refinamento da malha no local crítico [82]

O passo final no processo de Simulação é a otimização, o qual é um processo iterativo, com variações na dimensão da peça e/ou conjunto, executando múltiplos estudos para determinar e comparar o melhor resultado [84].



# DESENVOLVIMENTO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA BASMORAIS

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

3.3 REQUISITOS A CUMPRIR

3.4 ANTEPROJETO

3.5 PROJETO

3.6 PRODUÇÃO DOS COMPONENTES, MONTAGEM E  
ACABAMENTO SUPERFICIAL

3.7 ORCAMENTAÇÃO

3.8 ESTUDO DO GANHO DE PESO NO CONTENTOR  
COMPARADO COM O MODELO ANTERIOR



### 3 DESENVOLVIMENTO

#### 3.1 Caracterização da Basmorais

A empresa **Basmorais – Fábrica de Carroçarias e Basculantes, Lda.** dedica-se à produção metalomecânica de produtos para viaturas pesados de mercadorias, nomeadamente carroçarias, caixas basculantes e contentores de diversos tipos. Realiza a montagem na viatura ou envia em *kit* para os clientes carroçadores, os produtos acabados, para serem equipados nas viaturas. Também comercializa gruas (com representação da marca Palfinger®) e equipamentos/sistemas de elevação de outros fabricantes, para revenda e montagem.

Com sede na Póvoa de Varzim, as instalações fabris encontram-se na zona industrial de Albergaria-a-Velha (Distrito de Aveiro). Realiza exportações há mais de uma década para França e Suíça, tendo como objetivo especializar-se e evoluir cada vez mais, indo de encontro às necessidades e exigências dos mercados-alvo. Estando especializada numa produção por projeto, a Basmorais dedica-se a cada cliente conforme os objetivos e requisitos solicitados. Aposta ainda na melhoria contínua do seu desempenho organizacional, como tal, possui um sistema de gestão da qualidade certificado segundo a norma NP EN ISO 9001: 2018. Na Figura 22 encontra-se a estrutura organizacional patente no manual da qualidade da empresa.

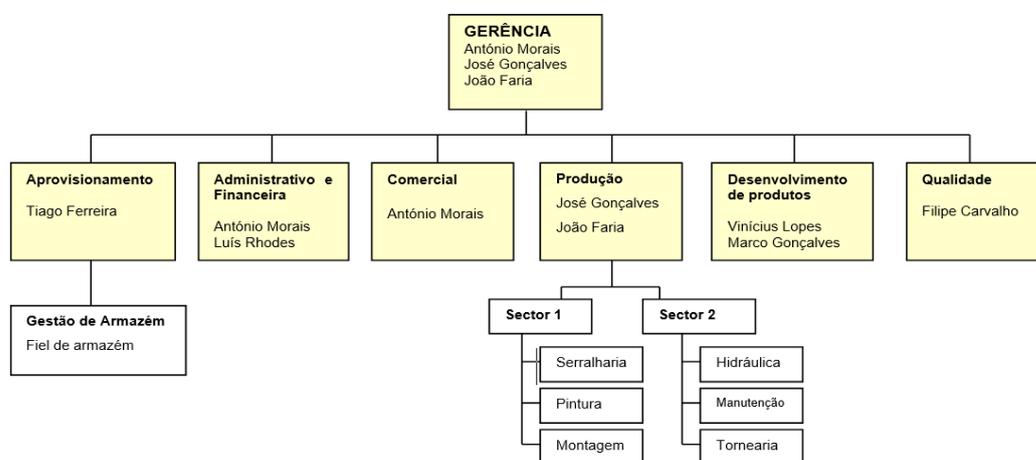


Figura 62 - Organograma da empresa Basmorais

#### 3.2 Caracterização do problema

Com vista ao mercado Suíço, foi desenvolvido em 2010 na Basmorais uma caixa para transporte de asfalto. A nível de conceito, estrutura e fabricação, é muito parecida ao já fabricado por outras empresas concorrentes. Sendo este produto fabricado já há alguns anos pela Basmorais, é moroso de se produzir e tem um *design* antiquado, dificultando o escoamento do asfalto para a máquina de pavimentação (Figura 63), devido ao formato retangular/anguloso.

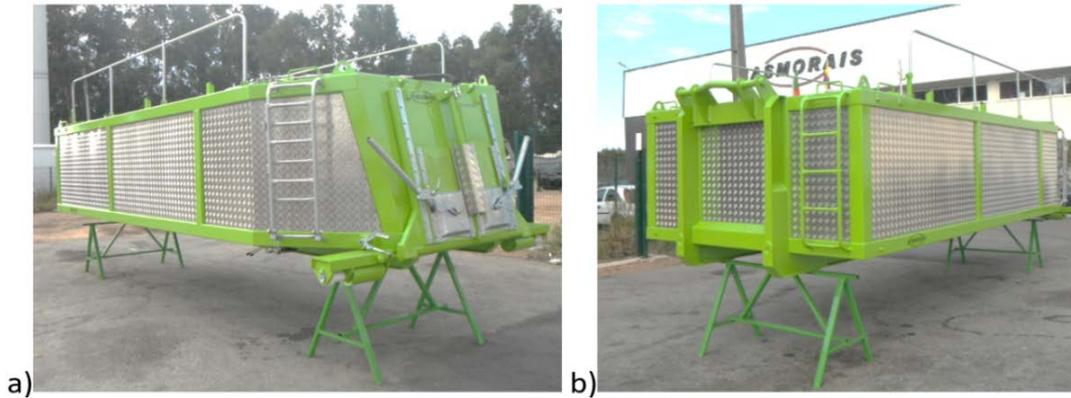


Figura 63 - Exemplo de um contentor térmico para asfalto já fabricado, a) vista traseira, b) vista frontal (autoria própria)

Na Figura 64 pode-se ver o projeto do *monocoque* do contentor da Figura 63.

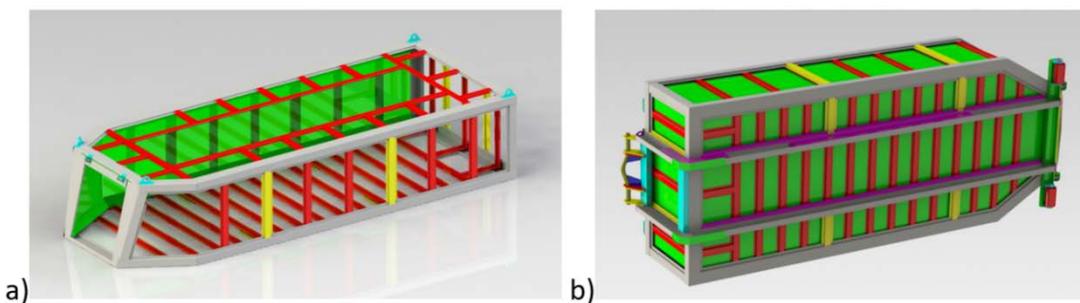


Figura 64 - Projeto do *monocoque* do contentor já fabricado, a) vista traseira b) vista do fundo (autoria própria)

De notar que existem muitas travessas, prumos e molduras laterais na construção do *monocoque*. Durante a fase de produção (Figura 65), verifica-se uma grande complexidade para o colaborador, em apurar todas as travessas e prumos paralelamente/perpendicularmente, e depois montar as molduras superiores.

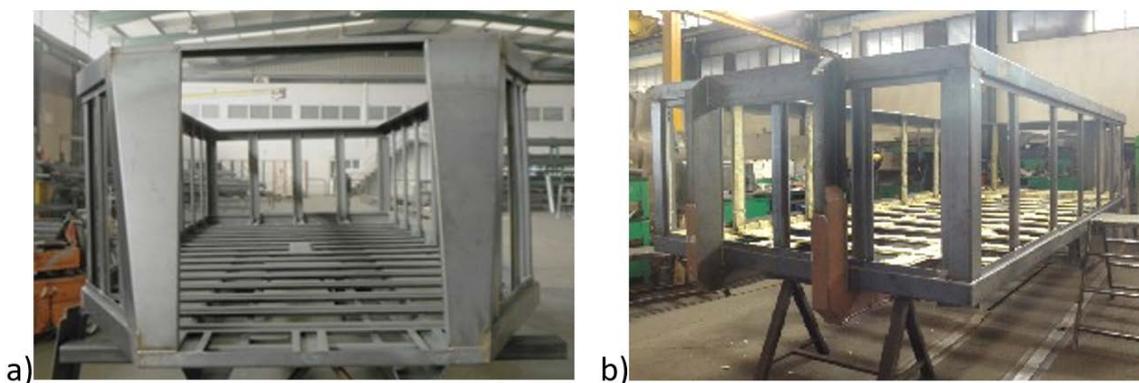


Figura 65 - Montagem monocoque do contentor existente, a) vista frontal, b) vista traseira (autoria própria)

Outro aspeto considerável deste produto já existente é a tara, que nos transportes de mercadorias é sempre muito importante. Isto porque, quanto mais leve for o conjunto viatura e carroçaria, maior poderá ser a carga útil disponível, uma vez que, os transportes estão limitados a pesos máximos admissíveis, como referenciado em 6.1.

Maior capacidade, corresponderá a um menor número de trajetos a realizar, o que se traduz em benefícios diretos para o ambiente.

### 3.3 Requisitos a cumprir

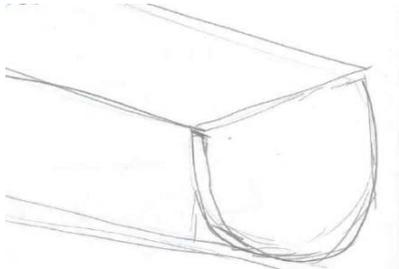
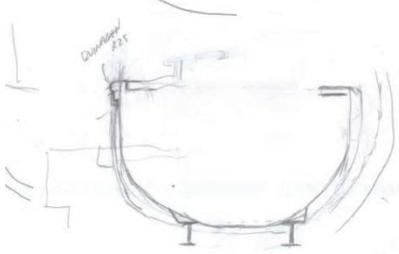
Após a caracterização dos problemas anteriormente referidos, os principais requisitos a cumprir para este projeto são:

1. diminuição do peso do contentor, para maior capacidade de carga mássica;
2. melhorar o *design* com vista a:
  - obter uma produção mais rápida e eficiente perante o modelo atual;
  - melhorar o escoamento do asfalto na descarga;
  - escolher novos materiais para maior fiabilidade e menor manutenção;
3. aumentar a capacidade de carga (volumetria).

### 3.4 Anteprojecto

À partida, foi realizado um anteprojecto do *design* para aprovação do modelo. Na Tabela 7 poderão ser analisadas as diversas iterações do anteprojecto, antes de se ter dado início à seleção dos materiais e do projeto 3D dos componentes, em CAD (*Computer Aided Design*).

Tabela 7 – Diferentes aproximações de alguns elementos, realizadas na fase de Anteprojecto

Objetivo	Esquiso e desenho
<p>Obtenção de uma forma arredondada, para facilitar o escoamento do material.</p>	 <p>Figura 66 - Esqueto do formato dos laterais e fundo (autoria própria)</p>
<p>Novo formato do fundo, de forma a poder ser apoiado eficientemente sobre as longarinas.</p>	 <p>Figura 67 - Esqueto da vista em corte com longarinas (autoria própria)</p>

Remate das longarinas do lastro, que serão apoiadas e fixadas nas longarinas principais (IPN 180).

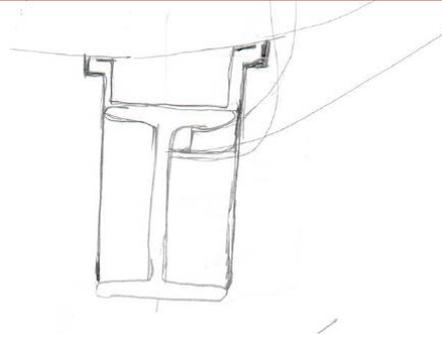


Figura 68 - Esquízo do pormenor da calha do lastro com a longarina (autoria própria)

Formato da parte traseira (Porta e Portinholas).

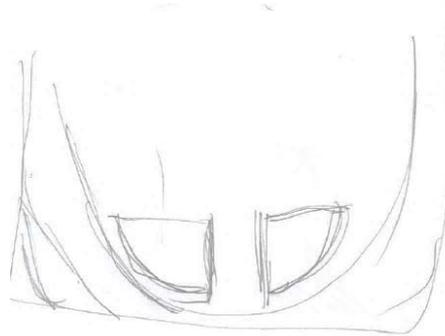


Figura 69 - Esquízo da porta e portinholas (autoria própria)

Vista em perspectiva da primeira modelação 3D para simular o formato anteriormente desenhado, sobre a estrutura de gancho normalizada (ver Anexo 2 - Figura da norma DIN 30722).

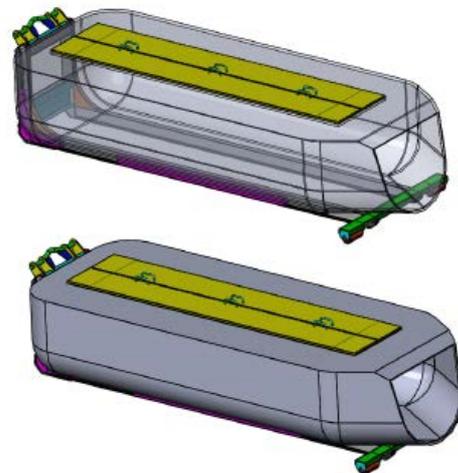


Figura 70 - Desenho CAD 3D do formato idealizado (autoria própria)

Vista lateral do primeiro desenho 3D



Figura 71 - Vista lateral do desenho CAD idealizado (autoria própria)

### 3.5 Projeto

Após o cliente ter aprovado o modelo com o *design* idealizado (Figura 71), partiu-se para a seleção dos materiais, de maneira a ir de encontro aos requisitos desejados.

#### 3.5.1 Seleção de materiais

À partida, selecionou-se os componentes a serem melhorados, relativamente ao contentor já existente, tendo em conta os objetivos e requisitos a cumprir (1.2 e 3.3), que foram:

1. Fundo e laterais;
2. Portas superiores;
3. Rolo de apoio.

Cabe aqui referir que a construção da parte estrutural (o chassi, composto pelas longarinas e gancho frontal) do contentor, têm de respeitar a norma [85] (ver anexo 6.2). Deste modo, estes componentes não podem ser alterados.

Posto isto, realizou-se uma lista de materiais de engenharia (Tabela 8), tendo como base materiais disponíveis para fornecimento quase imediato à empresa Basmorais. Isto porque, após a requisição do produto pelo cliente, o projeto e posterior produção do contentor, tem um prazo de entrega contratual, não podendo haver atrasos ou indisponibilidade no fornecimento dos materiais. Por isso, teve que se ter em conta como primeiro requisito a disponibilidade, uma vez que todos os materiais da Tabela 8 têm rápido fornecimento e ou *stock* disponível.

Tabela 8 - Propriedades dos materiais possíveis ([51], [86], [87]),

Material	E (GPa)	$\sigma_{ced.}$ (MPa)	$\sigma_{rot.}$ (MPa)	$K_{IC}$ (MPa $\sqrt{m}$ )	Dureza (HB)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Condutividade Térmica 20 °C (W/m.K)	Preço (€/kg)
S235JR <sup>1</sup>	210	235	340	30	100	7800	70	0,60
S275JR <sup>1</sup>	210	275	410	35	100	7800	70	0,63
S355JR <sup>1e2</sup>	210	355	490	40	100	7800	40	0,66
AISI 316 <sup>1</sup>	200	265	550	65	205	7980	15,3	2,9
Hardox® 450 <sup>1</sup>	210	1200	1350	92	425	7800	40	1,86
DIN CK45 <sup>2</sup>	205	530	625	78	207	7850	49,8	0,8
Al 5083 <sup>1</sup>	71	150	300	40	81	2660	117	3,5
Al 5754 <sup>1</sup>	71	150	270	30	77	2670	130	3,5
Nylon® PA 6 <sup>2</sup>	2,5	60	110	4	25	1150	0,25	6,60

<sup>1</sup> Forma de fornecimento do Material em chapa (4 mm de espessura)

<sup>2</sup> Forma de fornecimento do Material em varão

A seguir realizaram-se os cálculos (como exemplificado na Tabela 6) para o índice de cada material, nomeadamente a Resistência Específica ( $M_1$ ), mostrado na Tabela 9.

Tabela 9 - Cálculo do índice de Material (Resistência Específica -  $M_1$ )

Material	Resistência $\sigma_{ced.}$ (MPa)	Massa Volúmica $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Resistência Específica - $M_1$
			<sup>1</sup> Chapa ( $\sigma^{\frac{2}{3}}/\rho$ ) <sup>2</sup> Varão ( $\sigma^{\frac{1}{2}}/\rho$ )
S235JR <sup>1</sup>	235	7800	5
S275JR <sup>1</sup>	275	7800	5
S355JR <sup>1 e 2</sup>	355	7800	6 <sup>1</sup> , 2 <sup>2</sup>
AISI 316 <sup>1</sup>	265	7980	5
Hardox® 450 <sup>1*</sup>	1200	7800	14
DIN CK45 <sup>2</sup>	530	7850	3
Al 5083 <sup>1</sup>	150	2660	11
Al 5754 <sup>1</sup>	150	2670	11
Nylon® PA 6 <sup>2</sup>	60	1150	7

Com os índices calculados na Tabela 9, resistência específica -  $M_1$ , é possível escolher um material com uma resistência elevada, combinada com uma boa massa volúmica, quanto maior for o índice  $M_1$ .

### 3.5.1.1 Seleção do material do fundo e laterais

Para este componente, a forma de material fornecido deverá ser em chapa, de maneira a poder ser conformado e fabricado com os processos de fabrico existentes na empresa e obter o formato do componente desejado. Restrições identificadas:

- ✓ Muito importante: Índice de Resistência específica ( $M_1$  ↑)
- ✓ Muito importante: Rigidez ( $E > 190$  GPa)
- ✓ Importante: Tenacidade à fratura ( $K_{IC}$  ↑)
- ✓ Importante: Resistência ao desgaste (Dureza superficial ↑)
- ✓ Importante: Condutividade térmica (↓)
- ✓ Pouco importante: Custo do material (↓)

Cabe referir que relativamente ao preço, considerou-se pouco importante porque o cliente considera poder pagar mais, em detrimento de obter um produto com melhores características e que vá de encontro com os objetivos pretendidos.

A seguir, realizou-se a ponderação dos requisitos conforme importância apresentada na Tabela 10, como exemplificado na Figura 50.

Tabela 10 - Ponderação dos requisitos para o componente fundo/lateral

Propriedade	01 02	01 03	01 04	01 05	01 06	Imp.	%
M <sub>1</sub>	60	70	70	80	90	1,00	0,35
E	40					0,67	0,23
K <sub>IC</sub>		30				0,43	0,15
Hardox® 450			30			0,43	0,15
Cond. Tér.				20		0,25	0,09
Preço					10	0,11	0,04
					Total	2,88	1,0

Depois realizou-se a ponderação dos materiais apresentado na Tabela 11, como exemplificado na Figura 53. De seguida, com os valores de cada uma das ponderações realizadas (Tabela 10 e Tabela 11), obteve-se os valores dos IM de cada material, relativamente ao componente do fundo e laterais, como mostrado na Tabela 12 e exemplificado na Figura 52.

O material com melhor IM é o Hardox® 450®, tendo em conta as propriedades consideradas e os pesos relativos atribuídos. Com este material, pode-se obter uma melhoria significativa na resistência específica, comparando os resultados da Tabela 9, uma vez que o contentor existente é fabricado com o material S235JR, tendo um M<sub>1</sub> quase três vezes inferior ao do Hardox® 450®. É um material de grande disponibilidade e processamento mais complexo. No caso do aço S235JR, poder ser cortado em guilhotina, enquanto o Hardox® 450® tem que ser cortado por plasma, pois em guilhotina danificaria a máquina, devido à sua elevada dureza. Relativamente ao custo é significativamente mais elevado quando comparado com o S235JR.

Tabela 11 - Ponderação dos materiais para as propriedades consideradas dos componentes fundo e laterais

Material	M <sub>1</sub> ( $\frac{\sigma^2}{\rho}$ )	E (GPa)	K <sub>1C</sub> (MPa/Vm)	Dureza (HB)	Condutividade Térmica 20°C (W/m.K)	Preço (€/kg)
S235JR	5 / 14	<b>210 / 210</b>	30 / 92	100 / 425	0,25 / 70	<b>0,60 / 0,60</b>
	0,36	1,00	0,33	0,24	0,0036	1,00
S275JR	5 / 14	<b>210 / 210</b>	35 / 92	100 / 425	0,25 / 70	0,60 / 0,63
	0,36	1,00	0,38	0,24	0,0036	0,95
S355JR	6 / 14	<b>210 / 210</b>	40 / 92	100 / 425	0,25 / 40	0,60 / 0,66
	0,43	1,00	0,43	0,24	0,0063	0,91
AISI 316	5 / 14	200/210	65 / 92	205 / 425	0,25 / 15,3	0,60 / 2,9
	0,36	0,95	0,71	0,48	0,0163	0,21
Hardox® 450	<b>14 / 14</b>	<b>210 / 210</b>	<b>92 / 92</b>	<b>425 / 425</b>	0,25 / 40	0,60 / 1,86
	1,00	1,00	1,00	1,00	0,0063	0,32
Al 5083	11 / 14	71 / 210	40 / 92	81 / 425	0,25 / 117	0,60 / 3,5
	0,79	0,33	0,43	0,19	0,0021	0,17
Al 5754	11 / 14	71 / 210	30 / 92	77 / 425	0,25 / 130	0,60 / 3,5
	0,79	0,33	0,33	0,18	0,0019	0,17

Tabela 12 - Índices de Mérito dos materiais para o componente fundo e laterais

	Rest.	$M_1$ ( $\sigma_{ced.}/\rho$ )	E (GPa)	K1C (MPa/ $\sqrt{m}$ )	Dureza (HB)	Condutividade Térmica 20°C (W/m.K)	Preço (€/kg)	ÍNDICE DE MÉRITO
Materiais	E > 190 MPa Forma: chapa	0,35	0,23	0,15	0,15	0,09	0,04	
S235JR	✓	0,36 0,13	1,00 0,23	0,33 0,05	0,24 0,04	3,57E-03 3,21E-04	1,00 0,04	0,48
S275JR	✓	0,36 0,13	1,00 0,23	0,38 0,06	0,24 0,04	3,57E-03 3,21E-04	0,95 0,04	0,49
S355JR	✓	0,43 0,15	1,00 0,23	0,43 0,07	0,24 0,04	6,25E-03 5,63E-04	0,91 0,04	0,52
AISI 316	✓	0,36 0,13	0,95 0,22	0,71 0,11	0,48 0,07	1,63E-02 1,47E-03	0,21 0,01	0,53
Hardox® 450	✓	1,00 0,35	1,00 0,23	1,00 0,15	1,00 0,15	6,25E-03 5,63E-04	0,32 0,01	0,89
Al 5083	X E = 71 GPa	0,79 0,28	0,33 0,08	0,43 0,07	0,19 0,03	2,14E-03 1,92E-04	0,17 0,01	0,45
Al 5754	X E = 71 GPa	0,79 0,28	0,33 0,08	0,33 0,05	0,18 0,03	0,0019 1,73E-04	0,17 0,01	0,43

### 3.5.1.2 Seleção do material para as “Portas do Teto”

Para este componente, a forma de material fornecido também deverá ser em chapa ou perfil. Cabe salientar que as portas do teto têm como principal função vedar e inibir o arrefecimento abrupto por convecção do asfalto, sendo que não serão necessários elevados esforços mecânicos. As restrições identificadas são as seguintes:

- ✓ Muito importante: Massa volúmica ( $\rho \downarrow$ )
- ✓ Importante: Rigidez ( $E > 30$  GPa)
- ✓ Importante: Resistência à quente ( $T > 300$  °C)
- ✓ Importante: Condutividade térmica ( $\downarrow$ )
- ✓ Pouco importante: Custo do material ( $\downarrow$ )

A seguir realizou-se a ponderação dos requisitos conforme importância apresentada na Tabela 13, como exemplificado na Figura 50.

Tabela 13 - Ponderação dos requisitos para os componentes “portas do teto”

Propriedade	01 02	01 03	01 04	Imp.	%
$\rho$	80	90	90	1,00	0,65
E	20			0,25	0,16
Cond. Tér.		15		0,17	0,11
Preço			10	0,11	0,07
			Total	1,53	1,0

Depois realizou-se a ponderação dos materiais, conforme Tabela 14, como exemplificado na Figura 53. De seguida, com os valores de cada uma das ponderações realizadas (Tabela 13 e Tabela 14), obteve-se os valores dos Índices de Mérito de cada material relativamente ao componente das “portas do teto”, como mostrado na Tabela 15 e exemplificado na Figura 52.

Tabela 14 - Ponderação dos materiais para as propriedades consideradas para os componentes “portas do teto”

Materiais	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	E (GPa)	Cond. Tér. 20°C (W/m.K)	Preço (€/kg)
S235JR	1150 / 7800	<b>210 / 210</b>	0,25 / 70	<b>0,6 / 0,6</b>
	0,15	1,00	0,0036	1,00
S275JR	1150 / 7800	<b>210 / 210</b>	0,25 / 70	0,6 / 0,63
	0,15	1,00	0,0036	0,95
S355JR	1150 / 7800	<b>210 / 210</b>	0,25 / 40	0,6 / 0,66
	0,15	1,00	0,0063	0,91
AISI 316	1150 / 7900	200/210	0,25 / 15,3	2,9
	0,15	0,95	0,0163	0,21
Hardox® 450	1150 / 7800	<b>210 / 210</b>	0,25 / 40	1,86
	0,15	1,00	0,0063	0,32
Al 5083	1150 / 2660	71 / 210	0,25 / 117	0,6 / 3,5
	0,43	0,33	0,0021	0,17
Al 5754	1150 / 2670	71 / 210	0,25 / 130	0,6 / 3,5
	0,43	0,33	0,0019	0,17

Tabela 15 - Índices de Mérito dos materiais para os componentes “portas do teto”

Materiais	Rest. E > 30 Mpa T > 300 °C Forma: chapa	$\rho$	E	Condutividade Térmica 20°C	Preço	ÍNDICE DE MÉRITO
		(kg/m <sup>3</sup> )	(GPa)	(W/m.K)	(€/kg)	
		0,65	0,16	0,11	0,07	
S235JR	√	0,15	1,00	3,57E-03	1,00	0,33
		0,10	0,16	3,93E-04	0,07	
S275JR	√	0,15	1,00	3,57E-03	0,95	0,32
		0,10	0,16	3,93E-04	0,07	
S355JR	√	0,15	1,00	6,25E-03	0,91	0,32
		0,10	0,16	6,88E-04	0,06	
AISI 316	√	0,15	0,95	1,63E-02	0,21	0,27
		0,10	0,15	1,80E-03	0,01	
HB 450	√	0,15	1,00	6,25E-03	0,32	0,28
		0,10	0,16	6,88E-04	0,02	
		0,10	0,16	5,52E-04	0,05	
Al 5083	√	0,43	0,33	2,14E-03	0,17	0,35
		0,28	0,05	2,35E-04	0,01	
Al 5754	√	0,43	0,33	0,0019	0,17	0,35
		0,28	0,05	2,12E-04	0,01	

Os materiais com melhor IM foram o AL 5083 e o AL 5754, como mostrado na Tabela 15, tendo em conta as propriedades consideradas e os pesos relativos atribuídos. Com estes materiais, pode-se obter uma melhoria significativa na massa volúmica, comparando os valores da Tabela 8, uma vez que o contentor existente é fabricado com o material S235JR. As chapas de alumínio são materiais de grande disponibilidade e de processamento fácil. Relativamente ao custo, os dois tipos de Alumínio apresentam um valor mais elevado, quando comparado com o material mais barato.

### 3.5.1.3 Seleção do material para o Rolo

Para este componente, a forma de material fornecido deverá ser em varão, de maneira a poder cumprir com a sua função e fazer com que o contentor seja movido na parte traseira, no momento de carga e descarga do contentor. As restrições identificadas são as seguintes:

- ✓ Muito importante: Índice de Resistência específica ( $M_1 \uparrow$ )
- ✓ Pouco importante: Custo do material ( $\downarrow$ )

A seguir, realizou-se a ponderação dos requisitos, conforme importância identificada na Tabela 16, como exemplificado na Figura 50.

Tabela 16 - Ponderação dos requisitos para o componente rolo

Propriedade	01 02	Imp.	%
$M_1$	90	1,00	0,90
Preço	10	0,11	0,10
	Total	1,11	1,0

Depois, realizou-se a ponderação dos materiais apresentado na Tabela 17, como exemplificado na Figura 53.

Tabela 17 - Ponderação dos materiais para as propriedades consideradas para o rolo

Materiais	$M_1$ ( $\sigma^2/\rho$ )	Preço (€/kg)
S355JR	6 / 7	0,66 / 0,66
	0,86	1,00
DIN CK45	3 / 7	0,66 / 0,80
	0,43	0,83
Nylon® PA 6	7 / 7	0,66 / 6,6
	1,00	0,10

De seguida, com os valores de cada uma das ponderações realizadas (Tabela 16 e Tabela 17) obteve-se os valores dos Índices de Mérito de cada material relativamente ao componente do rolo, mostrado na Tabela 18 e exemplificado na Figura 52.

O material com melhor IM foi o Nylon<sup>®</sup> PA 6, tendo em conta as propriedades consideradas e os pesos relativos atribuídos. Com este material, pode-se obter uma melhoria significativa na massa volúmica, comparando os valores da Tabela 8, uma vez que o contentor existente é fabricado com o material S355JR.

Tabela 18 - Índices de Mérito dos materiais para o componente rolo

	Rest.	$M_1$ ( $\sigma^2/\rho$ )	Preço (€/kg)	ÍNDICE DE MÉRITO
Materiais	Forma: varão	0,90	0,10	
S355JR	√	0,86	1,00	0,87
		0,77	0,10	
DIN CK45	√	0,43	0,83	0,47
		0,39	0,08	
Nylon <sup>®</sup> PA 6	√	1,00	0,10	0,91
		0,90	0,01	

### 3.5.2 Repartição de cargas

Antes de se dar início ao projeto de modelação 3D, é necessário definir o comprimento adequado para o contentor. Para isso, realizou-se a repartição de cargas de acordo com os dados consultados no website do fabricante da viatura (Anexo 6.3) e do equipamento *Hooklift* (Anexo 6.4) adquirido pelo cliente, como exemplificado em 2.2.7. O cálculo da repartição de cargas foi realizado através do programa TrailerWin<sup>®</sup>, como se pode ver na Figura 72.

Após o cálculo efetuado, obteve-se o comprimento de 6450 mm para o contentor, como o mais adequado para o equipamento e viatura em questão.

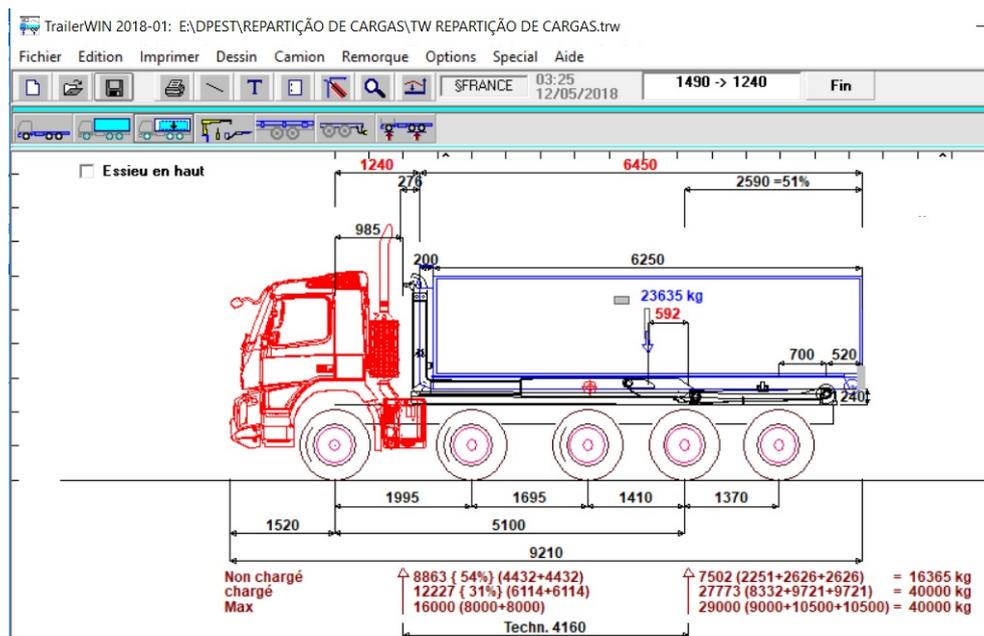


Figura 72 - Cálculo da repartição de cargas através do programa TrailerWin<sup>®</sup> (autoria própria)

### 3.5.3 Modelação 3D dos componentes e conjuntos do contentor

Como ponto de partida para realização do projeto 3D, começou-se por projetar a forma dos componentes dos fundos e laterais, com base no Anteprojeto realizado e na Seleção do material do fundo e laterais (Figura 73). Para diminuição do número de peças, decidiu-se unificar a lateral com o fundo, aplicando a metodologia do processo DFA, como descrito em 2.4.

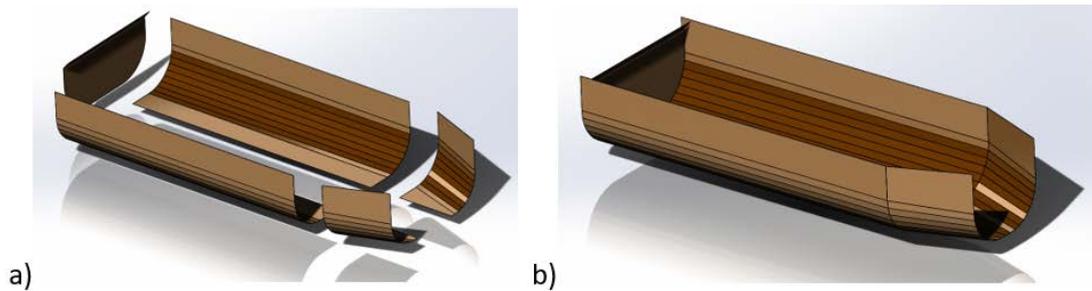


Figura 73 - Vista em perspectiva do fundo/laterais e frente a) vista explodida e b) vista em conjunto (autoria própria)

A seguir, modelou-se as molduras exteriores (Figura 74), de forma a poder-se posteriormente obter espaço e facilitar a aplicação do isolamento térmico (lã de rocha), como se pode ver na Figura 75.

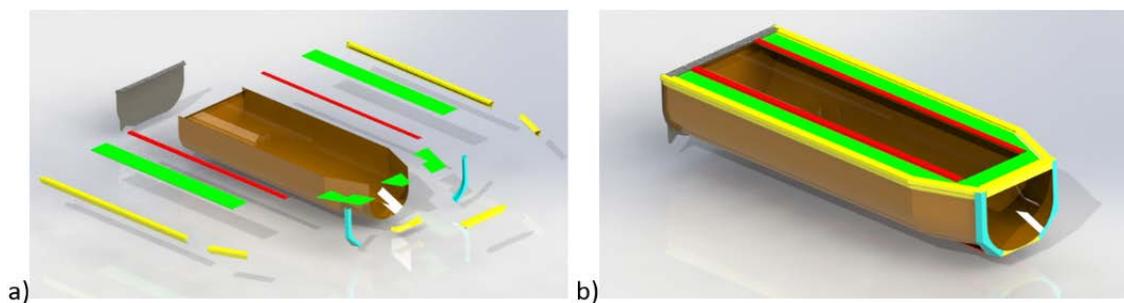


Figura 74 - Vista em perspectiva das molduras exteriores a) explodida e b) em conjunto (autoria própria)

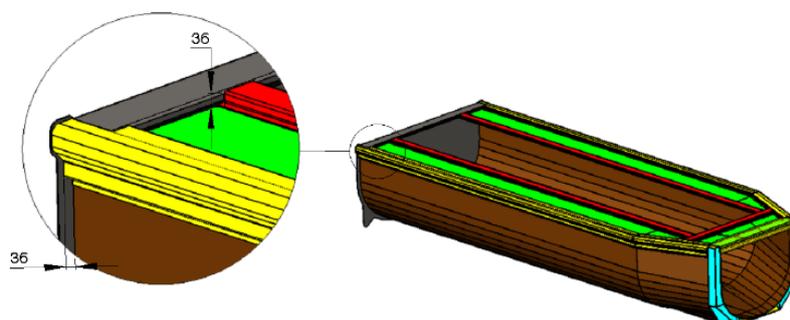


Figura 75 - Pormenor do espaço para aplicação do isolamento térmico (autoria própria)

Nesta fase, pretendeu-se aplicar o princípio do processo DFM (como descrito em 2.4), uma vez que, para este novo contentor, os componentes: calhas, prumos, travessas superiores e inferiores de reforço, são montados na estrutura já existente, com possibilidade de posteriormente fixar as forras em alumínio (como se pode ver na

Figura 76). Com isto, haverá uma maior facilidade e rapidez para o operador de montagem, comparativamente ao contentor existente. Verifica-se que a tarefa de aprumar e alinhar as calhas e prumos é bastante morosa e exigente, antes de se montar o fundo e laterais do contentor existente, como já foi referenciado em 3.2.

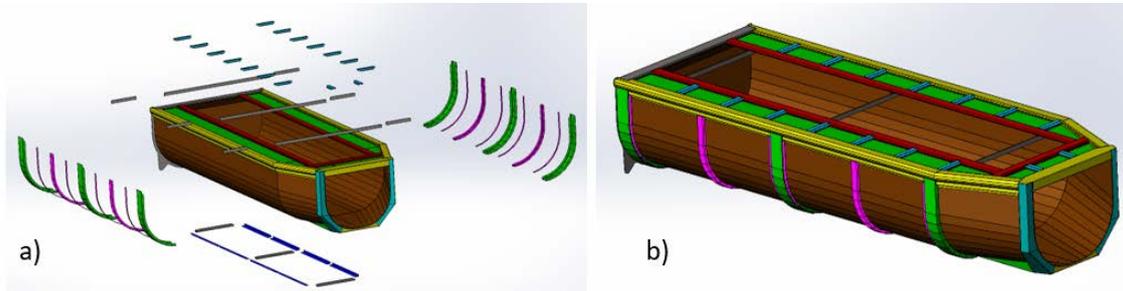


Figura 76 - Modelação de calhas, prumos, travessas superiores e inferiores a) vista explodida e b) conjunto (autoria própria)

Depois de definida a estrutura monocoque (Figura 76), iniciou-se a modelação dos conjuntos agregados, nomeadamente portas do teto, porta traseira e varandim de acesso de segurança. Na Figura 77 mostra-se a modelação do conjunto da porta, de acordo com o material definido em 3.5.1.2, e na Figura 78 o varandim de acesso com segurança ao teto.

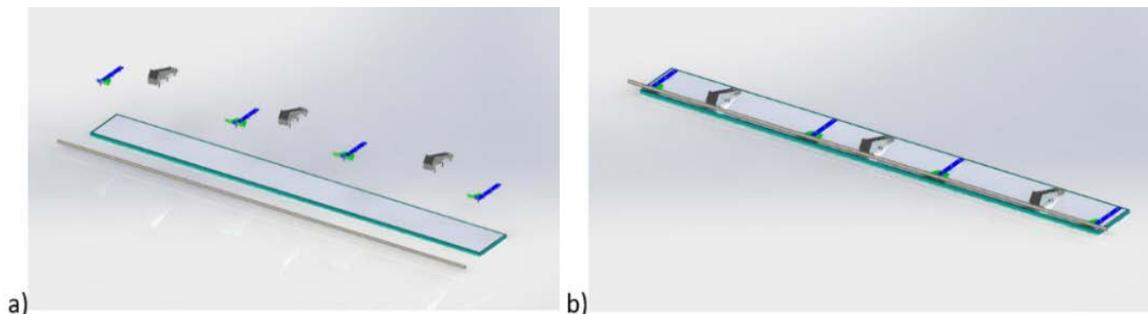


Figura 77 – Porta do teto a) vista explodida e b) vista em conjunto (autoria própria)

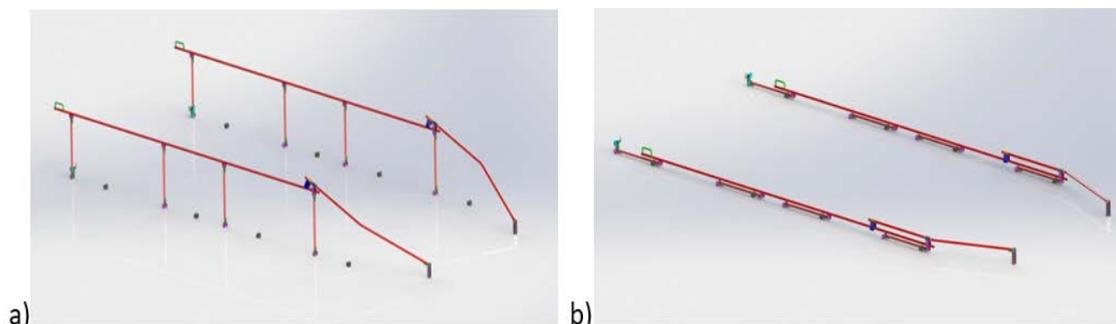


Figura 78 - Varandim de acesso com segurança a) levantado e b) ao baixo (autoria própria)

A seguir, avançou-se para a modelação da porta traseira, como se pode ver na Figura 80. Existe um avental de movimento vertical, por acionamento hidráulico e duas portinholas pequenas, estas por abertura manual, para situações onde seja necessário pouco descarregamento de material, como exemplificado na Figura 80.

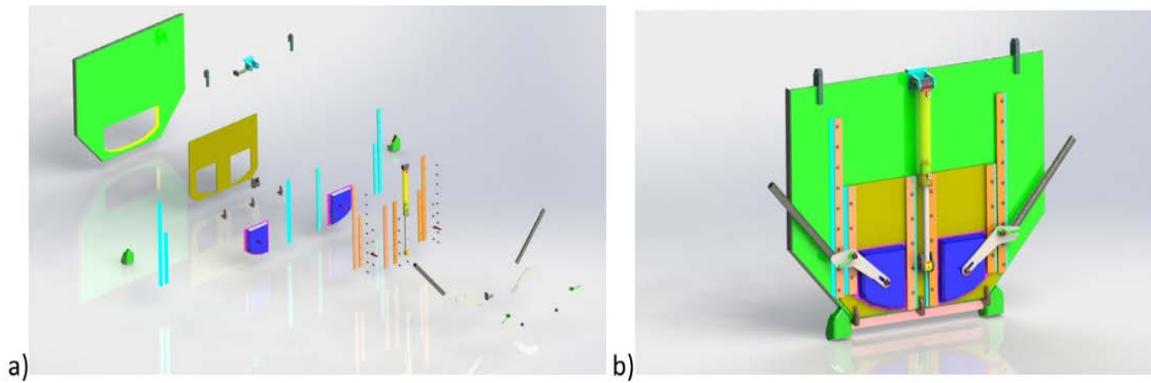


Figura 79 - Modelação da porta traseira a) vista explodida e b) vista do conjunto (autoria própria)



Figura 80 - Exemplo de descarregamento do asfalto através das portinholas manuais [44]

Devido ao elevado desgaste por atrito (ver Figura 81) no veio de engate existente (Figura 82) na parte frontal do contentor, com o gancho do equipamento Ampliroll, realizou-se o projeto de um novo veio de engate, com o intuito de ser mais fácil a substituição deste componente, como se pode ver na Figura 83. O novo veio de engate terá a vantagem de poder ser removido e substituído pelo cliente, através de cavilhas com pinos elásticos, em caso de desgaste elevado, assegurando um seguro carregamento do contentor.



Figura 81 - Exemplos de desgaste elevado no veio de engate do gancho (autoria própria)

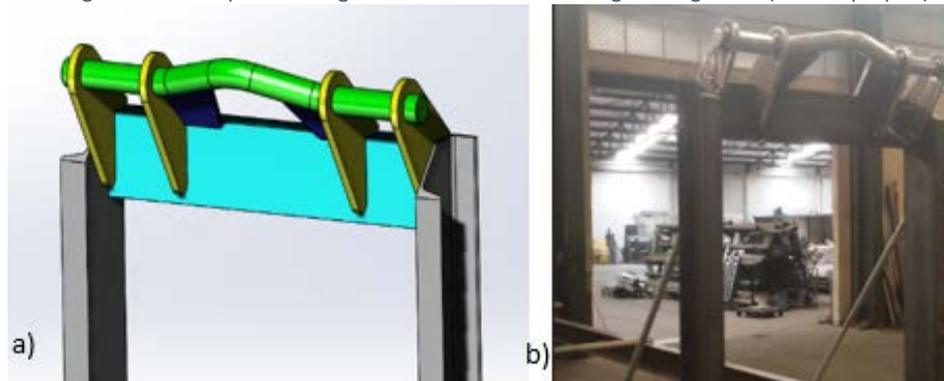


Figura 82 - Veio de engate antigo a) projeto e b) em produção (autoria própria)

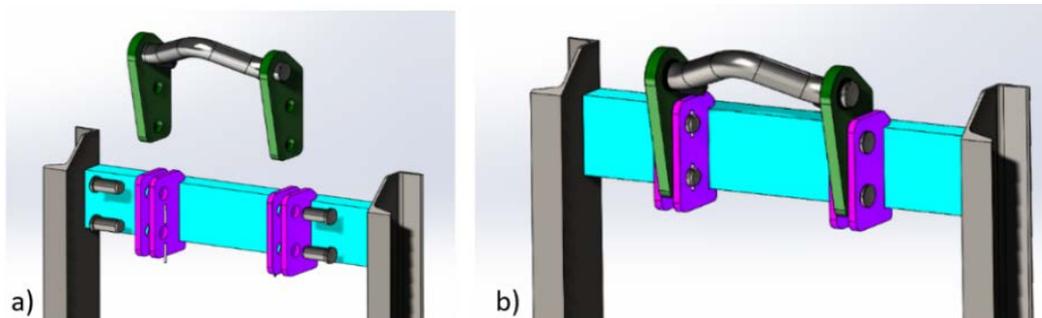


Figura 83 - Modelação do novo veio de engate, para fácil substituição a) vista explodida e b) vista conjunto (autoria própria)

Posteriormente, modelou-se a estrutura do chassi segundo a norma [85] (figura com medidas da norma no anexo 6.2), com o veio de engate idealizado (Figura 83), como se pode ver na Figura 84, onde todo o contentor vai estar assente.

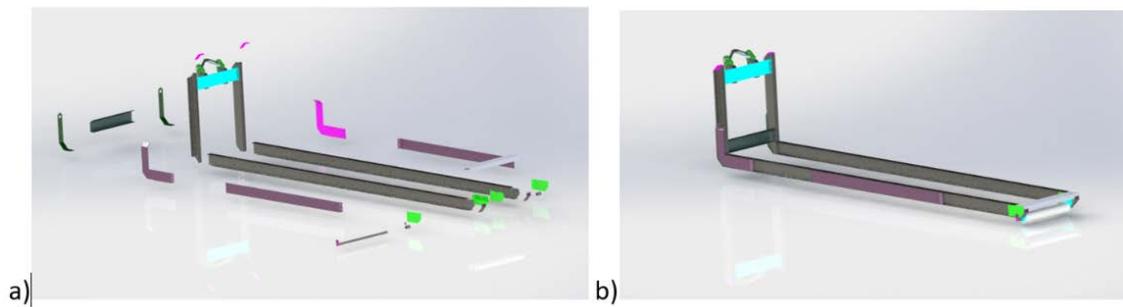


Figura 84 - Vista da estrutura do chassis em modelação 3D a) vista explodida e b) vista em conjunto (autoria própria)

Por último, modelou-se a viatura com o equipamento *Hooklift*, aproximado ao real, para verificação das medidas e do funcionamento final (ver Figura 85, Figura 86 e Figura 87).

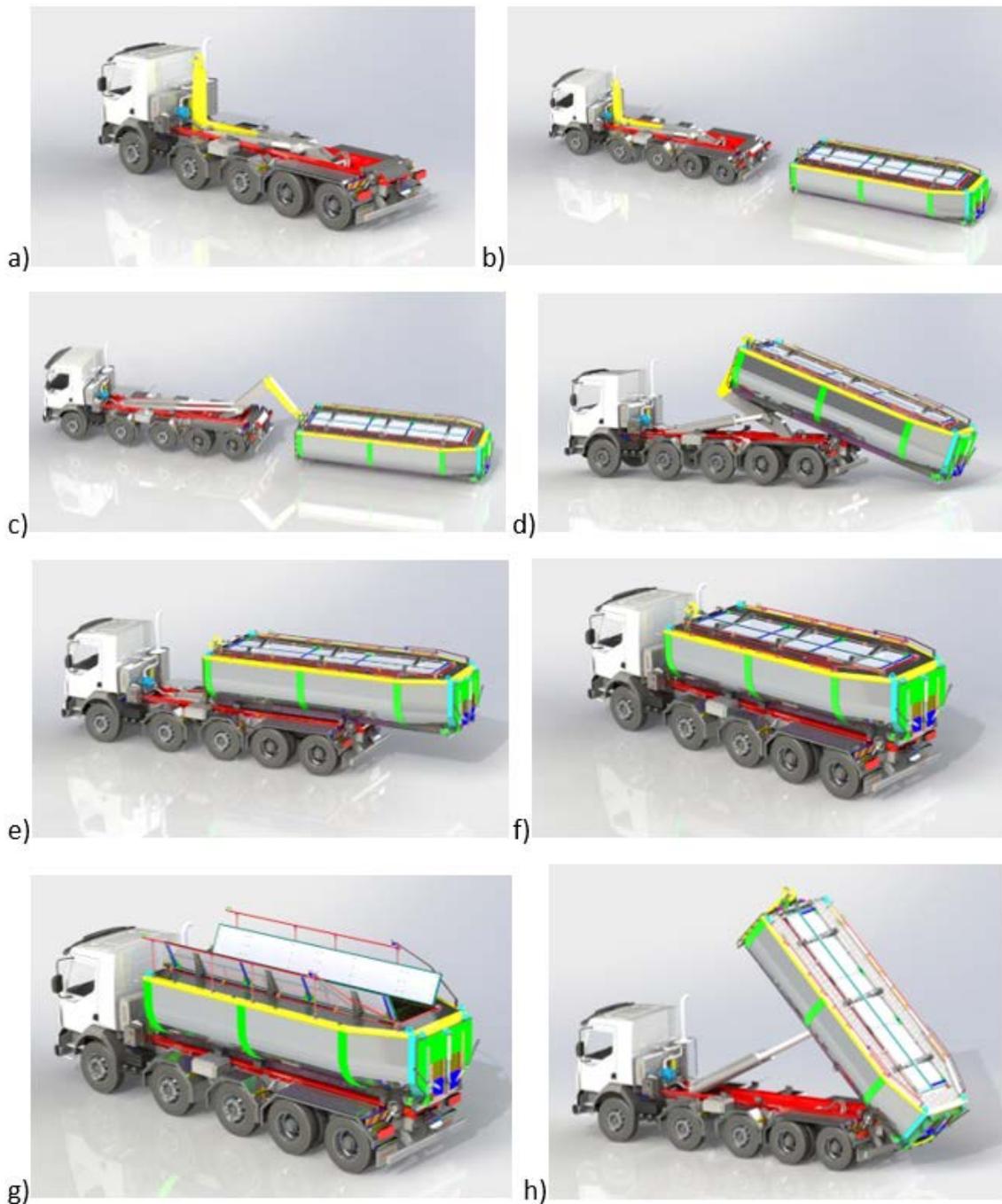


Figura 85 – Modelação final 3D da viatura e equipamento *hooklift* com o contentor térmico redondo a) vista em perspectiva da viatura com *hooklift*, b) viatura e contentor pronto para carregamento, c) encaixe do gancho no veio de engate, d) levantamento e apoio do contentor no *hooklift*, e) encaixe do contentor na horizontal, f) carregamento finalizado para posição de estrada, g) abertura do varandim e portas teto e h) basculamento (autoria própria)



Figura 86 - Vista em perspectiva traseira do projeto final do contentor térmico redondo em modo de basculamento no equipamento *Ampliroll* (autoria própria)

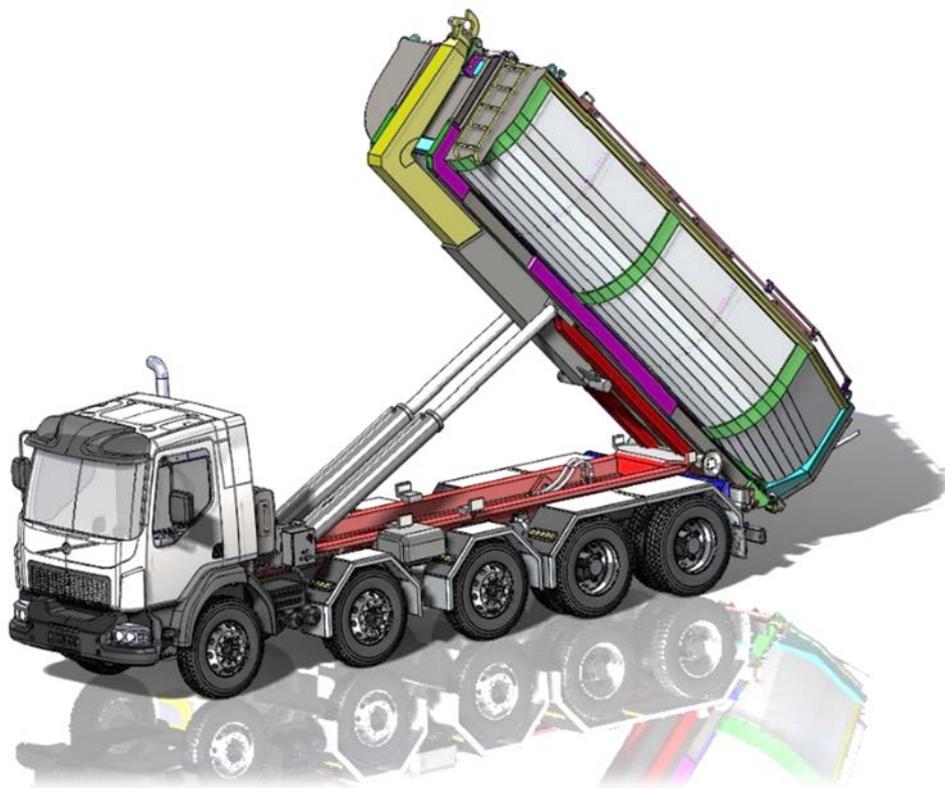


Figura 87 - Vista em perspectiva frontal do projeto final do contentor térmico redondo em modo de basculamento no equipamento *Ampliroll* (autoria própria)

### 3.5.4 Cálculos

Para a análise e verificação do comportamento dos componentes projetados, deu-se principal importância às solicitações críticas do projeto realizado em 3.5.3, sendo por isso não considerados, para os efeitos de cálculos, os componentes/conjuntos menos relevantes para esse aspecto.

Como abordado em 2.5.2. Simulação de Projeto, nos subcapítulos seguintes realizou-se a análise dos componentes críticos do contentor térmico redondo.

#### 3.5.4.1 Identificação das solicitações críticas e validações estruturais do veio de engate do gancho *Ampliroll*

O veio de engate do gancho é um componente fulcral para o movimento do equipamento de gancho *Ampliroll* e basculamento. Tem como base o acoplamento e movimento, o qual está sujeito a elevadas forças e solicitações. Apesar das solicitações serem diversas, uma das mais críticas, é no momento em que o contentor está com carga máxima e em posição inclinada para poder descarregar o asfalto. Na Figura 88 encontra-se o diagrama de corpo livre no momento de basculamento, onde se indicou, com as setas verdes, o sentido da força gravítica, acrescido da carga devido ao peso, e a reação que exerce o veio frontal de engate do gancho. Nesse momento, o contentor está apoiado na estrutura do equipamento *Ampliroll*, através das longarinas, sendo por isso que a maior parte da reação está no veio. O peso do contentor, acrescido do peso da carga, será de aproximadamente 23635 kg (como calculado em 3.5.2 - Repartição de cargas, e mostrado na Figura 72), mas por questões de segurança e de carregamento excessivo, admitiu-se uma carga total de 30 t para o estudo do veio. Para a posição do contentor indicado na Figura 88, sabe-se que a reação no veio devido ao peso, é obtida através da equação (3). Mas para um caso limite de 90° com a superfície, esta força seria igual à componente do peso total, ou seja, 30 t. Por isso, optou-se por realizar a análise MEF, mostrada na Tabela 19, com a solicitação de 30 t.

$$F = P \times \sin(45^\circ) \quad (3)$$

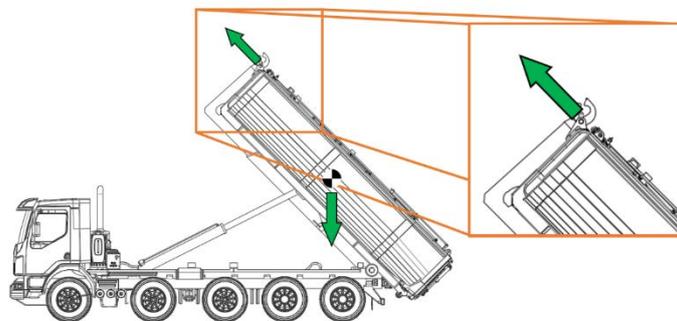
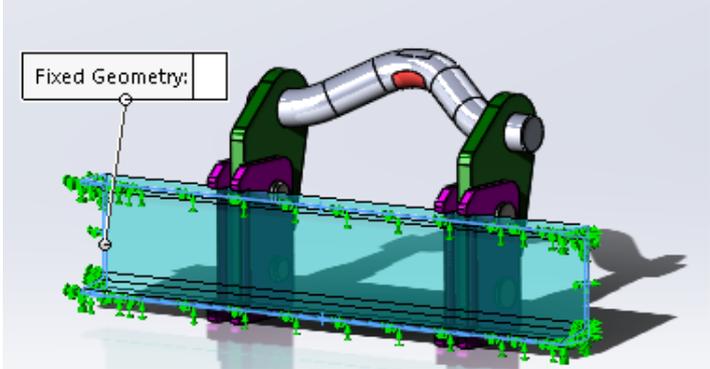
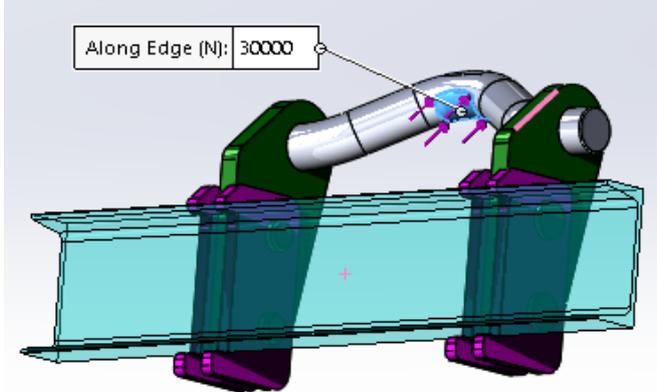


Figura 88 - Diagrama de corpo livre no veio de engate do gancho no momento de basculamento e descarga do asfalto

Tabela 19 - Análise MEF do veio de engate do gancho

1. Tipo de Estudo	Estático
2. Tipo de Material	Os materiais a serem analisados foram: S235JR e S355JR.
3. Condições fronteira	<p>Na parte frontal do contentor, existe o perfil e o subconjunto do veio de engate, onde está fixado, sendo por isso limitado a estes componentes a análise. Definiu-se como condições de fixação rígida e fronteira as setas a verde, como se pode ver na Figura 89.</p>  <p>Figura 89 - Condições fronteira de fixação estabelecidas para a viga de suporte do veio</p>
4. Tipo de ligações	Todas as superfícies de contacto das peças, foram assumidas no programa como <i>Bonded</i> (superfícies juntas ou coladas, como se fossem parte integrante uma da outra).
5. Esforços aplicados	<p>A reação do peso, acrescida da carga no contentor, definida como 30 toneladas força (aproximadamente 30.000 N), foi aplicada na área do veio de engate do gancho, como se pode ver na Figura 90, aproximadamente a 45° com o solo, segundo a linha.</p>  <p>Figura 90 - Esforços aplicados ao veio introduzido no programa de simulação</p>
6. Criação da	A respetiva malha criada para análise da tensão instalada no

malha

gancho, foi definida por um total de 74.290 elementos. Obteve-se 97,6 % de rácio dos elementos, com altura do elemento sobre o comprimento da base (18,58 mm) inferior a 3, como se pode ver na Figura 91.

Aplicou-se ainda a função “*mesh control*” onde se localiza a zona mais crítica (refinamento e diminuição do comprimento base dos elementos), para obter o resultado da tensão equivalente mais preciso.

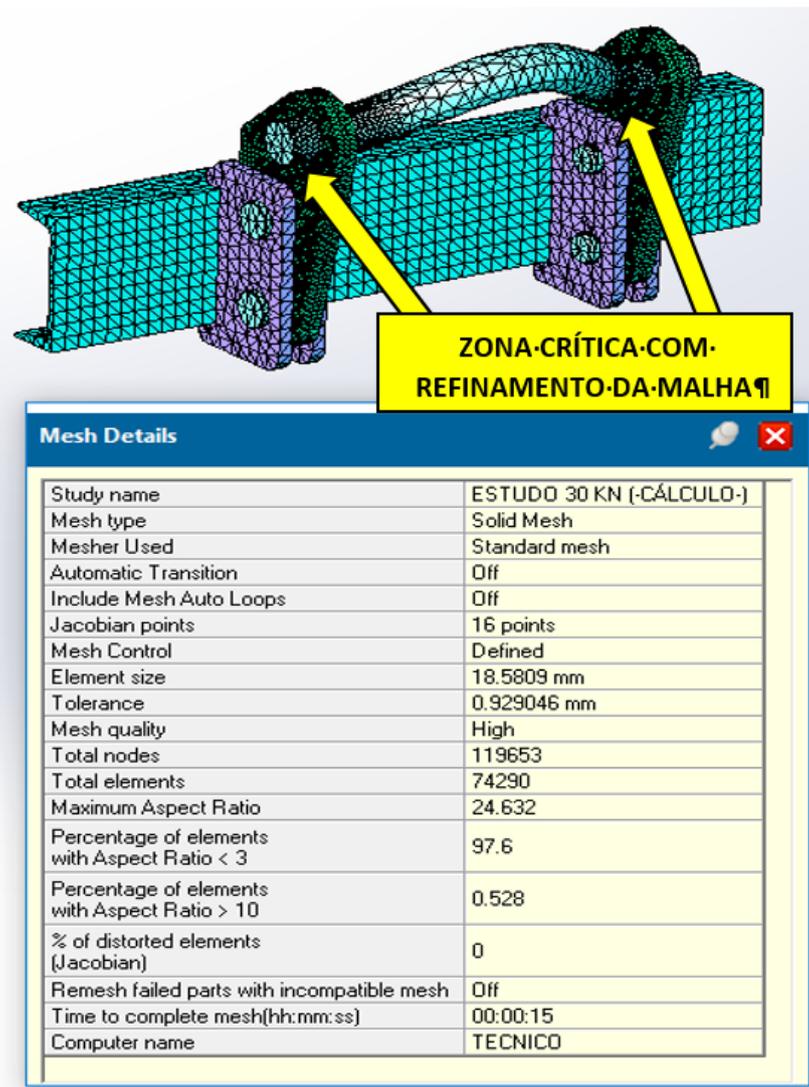


Figura 91 - Malha realizada com refinamento nos pontos críticos (*mesh control*) para análise MEF no veio de engate do gancho

7. Processamento da análise

A tensão equivalente máxima de von Mises, foi determinada com o valor de 100,41 MPa no local, conforme se pode ver na Figura 92

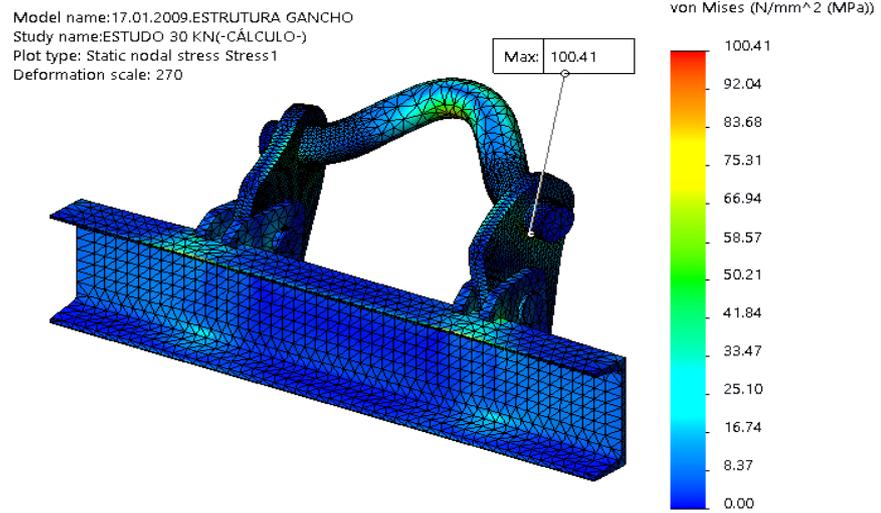


Figura 92 - Cálculo da tensão equivalente de von Mises através do MEF no veio

O deslocamento máximo obtido, de 0,21 mm, encontra-se situado no local indicado na Figura 93.

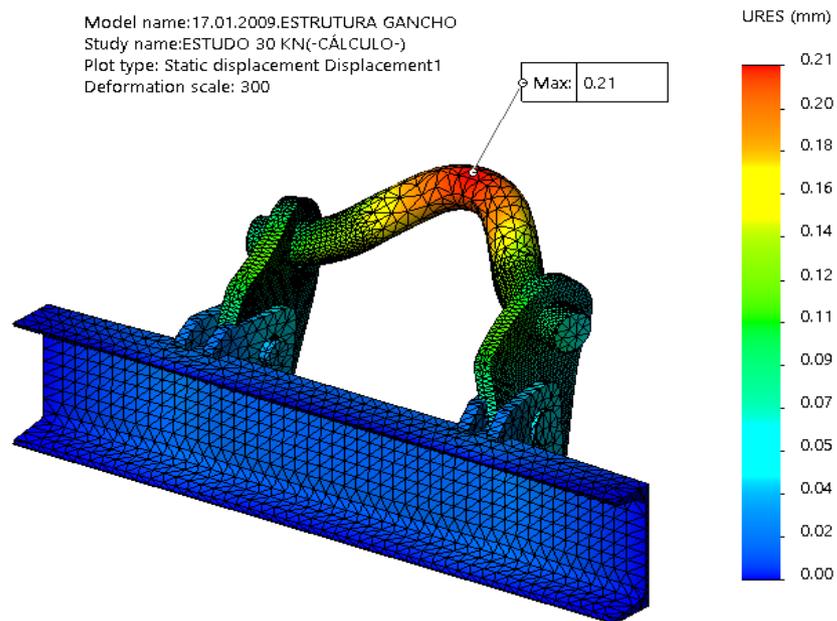


Figura 93 - Cálculo do deslocamento máximo através do MEF no veio

O fator de segurança (*Factor of Safety* - FOS) mínimo obtido de 3,2, encontra-se no local, indicado na Figura 94.

Model name:17.01.2009.ESTRUTURA GANCHO  
 Study name:ESTUDO 30 KN(-CÁLCULO-)  
 Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1  
 Criterion : Automatic  
 Factor of safety distribution: Min FOS = 3.2

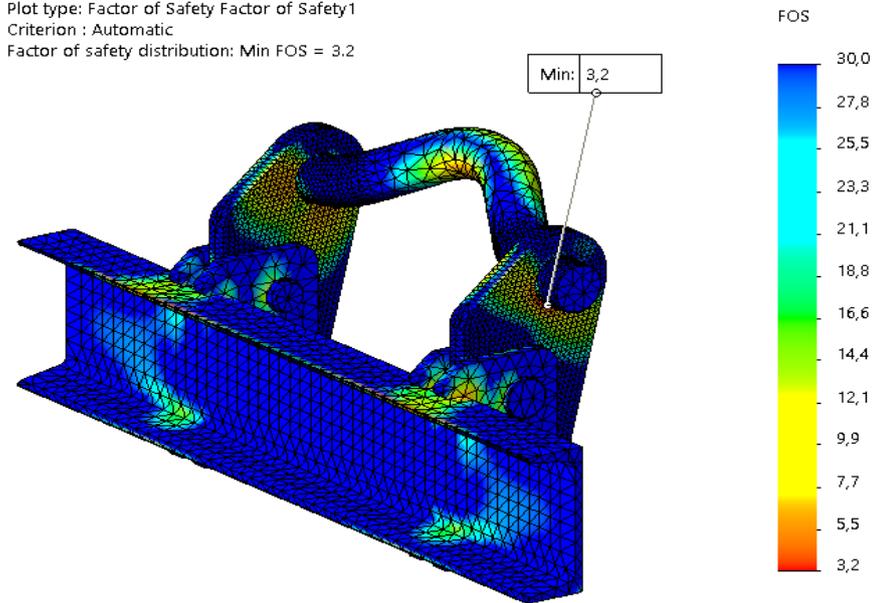


Figura 94 - Cálculo do FOS através do MEF no veio

#### 8. Análise de resultados

Após os resultados obtidos nesta análise, verifica-se que a tensão máxima de von Mises calculada (100,41 MPa) é inferior à tensão de cedência do material do veio do gancho S355 (355 MPa). O deslocamento máximo para estas condições de estudo obtido foi de 0,21 mm, com um FOS mínimo de 3,2. Com estes valores, verifica-se uma segurança elevada para a carga considerada.

#### 3.5.4.2 Identificação das solicitações críticas e validações estruturais no contentor com a carga

Na Figura 95 encontra-se o diagrama de corpo livre do contentor, no momento em que a solicitação é de maior relevância e crítica, podendo ocorrer deformações. Representou-se com as setas verdes o sentido das reações das forças no contentor (frente e traseira), no momento em que o gancho do equipamento inicia o movimento de levantamento do contentor, com a carga de 30 t, admitida distribuída, correspondente ao peso do contentor mais o peso do asfalto.

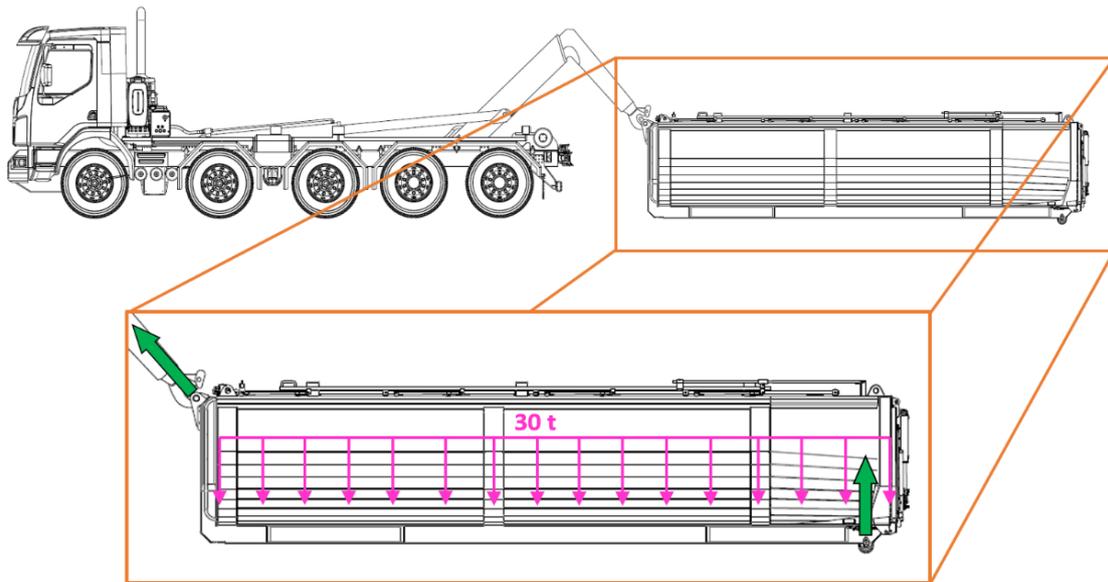


Figura 95 - Diagrama de corpo livre do contêiner com a carga para carregamento no equipamento *Hooklift*

Como admitido em 3.5.4.1, também se utilizou para esta análise o mesmo valor de carga máxima de 30 t (aproximadamente 30.000 N). Cabe referir que para a análise através do MEF, foi necessário ajustar o modelo do contêiner. Como no projeto existem ligações de arestas com faces (ver Figura 96), para efeitos de análise, não foi possível considerar a ligação das mesmas como sendo ligações contínuas. Ajustou-se, portanto, o modelo para a criação da malha e, posteriormente, cálculo através do MEF, no programa SolidWorks®.

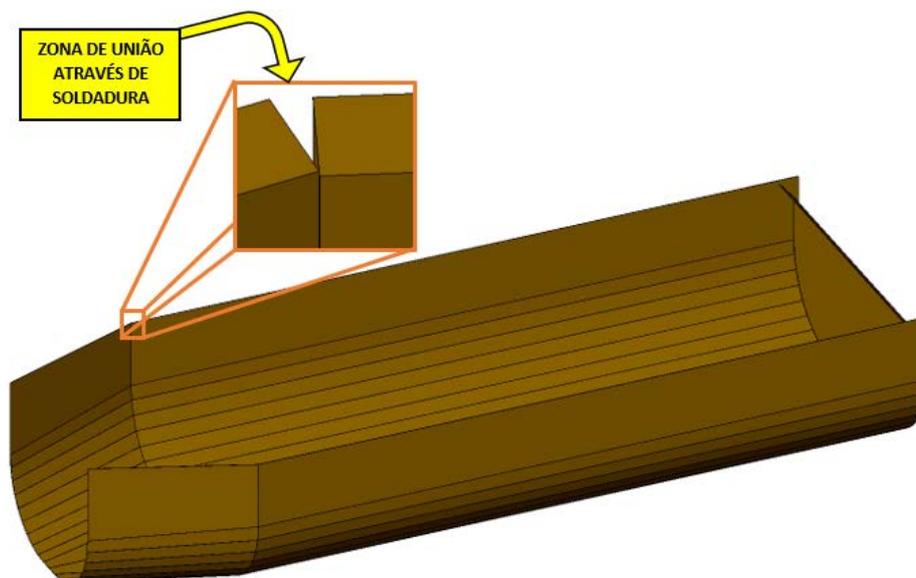


Figura 96 – Junta de arestas entre chapas através de soldadura

Na Figura 97 e Figura 98, encontram-se ilustradas, modificações realizadas no projeto para obtenção de resultados através do MEF. Efetivamente, existem outras peças, tais como portas, prumos, reforços e travessas, que foram retiradas da análise do MEF, devido à geometria complexa e também devido à junção das mesmas, onde não se conseguiu simplificar para obtenção de malha e posterior análise.

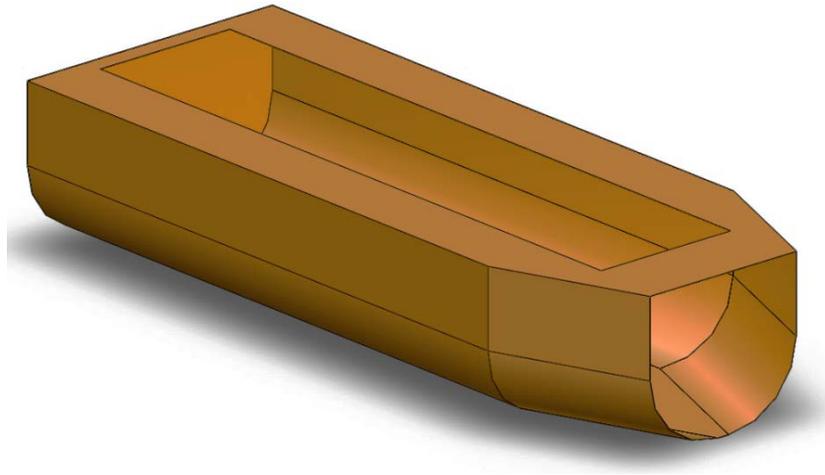


Figura 97 - Simplificação das peças dos laterais, fundo, frente e cobertura para análise do MEF

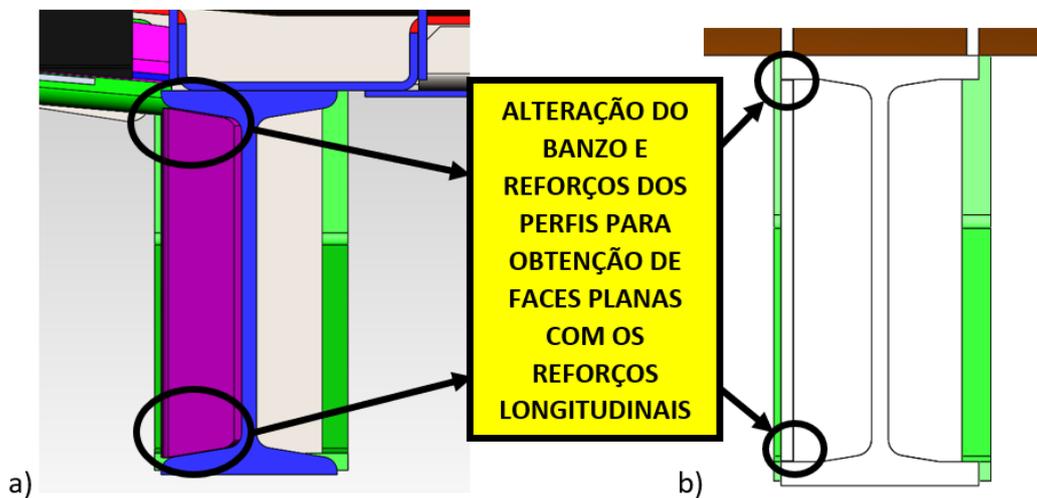
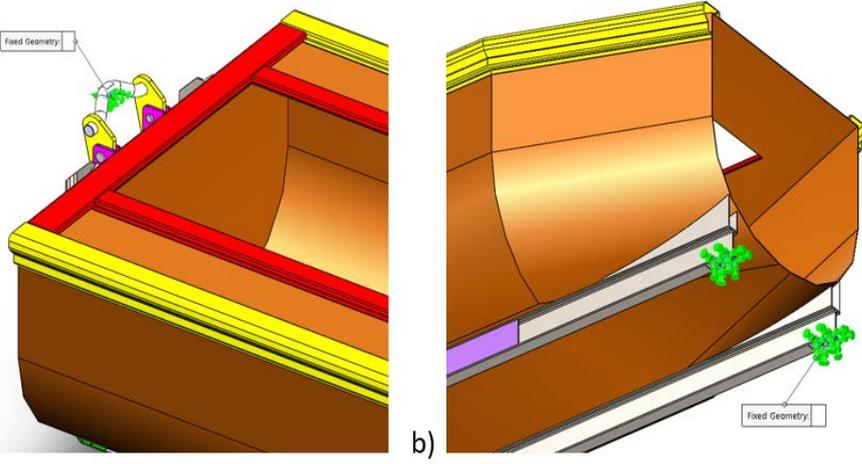


Figura 98 - Simplificação dos perfis para análise do MEF a) contentor térmico redondo e b) contentor térmico anterior

Na Tabela 20 segue-se o procedimento sequenciado e numerado da análise MEF do contentor.

Tabela 20 - Análise MEF do contentor

1. Tipo de Estudo	Estático
2. Tipo de Material	Os materiais a serem analisados foram: S235JR, S355JR e Hardox® 450.
3. Condições fronteira	<p>Nesta análise, definiu-se como pontos de fixação rígida, a área do veio frontal, onde irá encostar o gancho e o apoio traseiro, admitindo-se que o contentor está apoiado por esses pontos, conforme se pode ver na Figura 99, suportando toda a carga atribuída.</p> <p>Figura 99 - Condições fronteira de fixação estabelecidas para o contentor a) reação no veio frontal e b) reação na parte traseira do contentor</p> 
4. Tipo de ligações	Todas as superfícies de contato das peças foram assumidas no programa como <i>Bonded</i> (superfícies juntas ou coladas, como se fossem parte integrante uma da outra).
5. Esforços aplicados	Os esforços definidos nesta análise foram a carga distribuída pelas laterais e fundo do contentor de 30000 N (como se pode ver na Figura 100 pelas setas de cor magenta), acrescentando o sentido da força da gravidade (como se pode ver na Figura 101 a seta a vermelho).

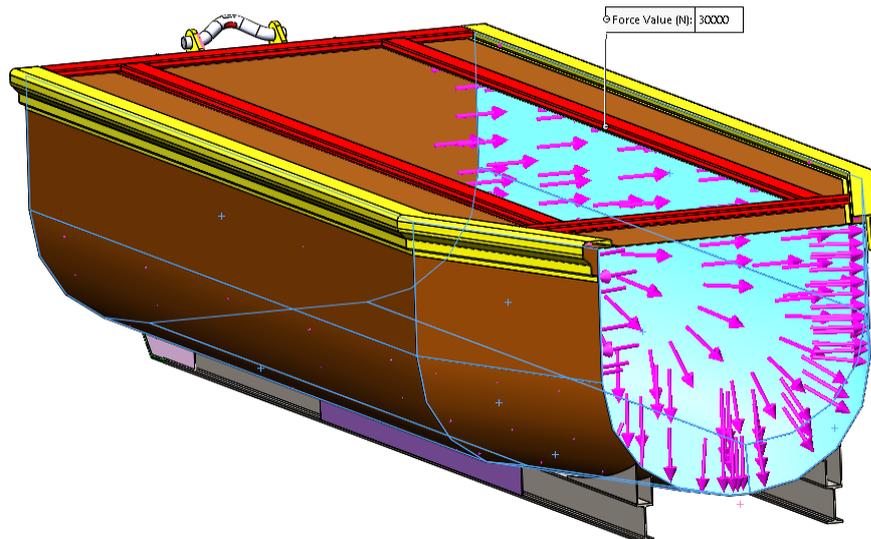


Figura 100 - Esforços aplicados ao contentor devido à carga de 30 t introduzido no programa de simulação

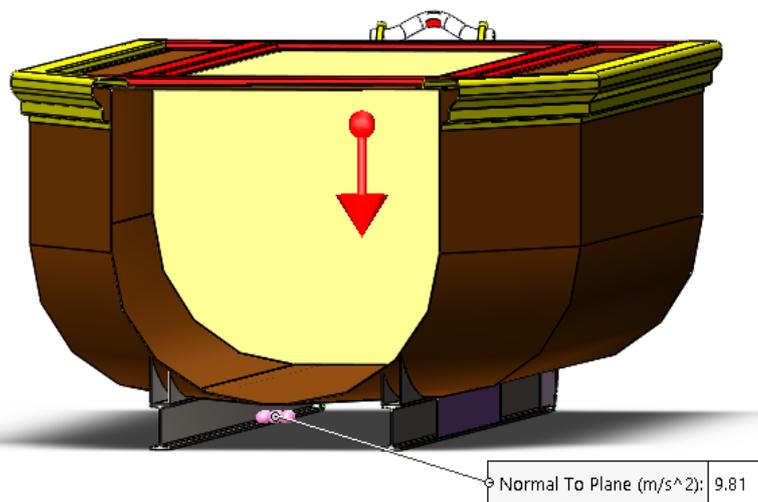


Figura 101 - Direção da aceleração da gravidade de  $9,81 \text{ m/s}^2$ , introduzida no programa de simulação

## 6. Criação da malha

A respetiva malha criada para análise da tensão/reação instalada no veio frontal e na traseira dos perfis, foi definida por um total de 4817856 elementos. Obteve-se 53,3 % de rácio dos elementos, com altura do elemento sobre o comprimento da base (16,73 mm máximo e 3,35 mm mínimo) inferior a 3 (ver na Figura 103).



Figura 102 - Malha realizada para análise MEF no contentor a) vista frontal e b) vista traseira

A tensão equivalente máxima de von Mises, foi determinada com o valor de 204,58 MPa, no local indicado na Figura 103.

7. Processamento da análise

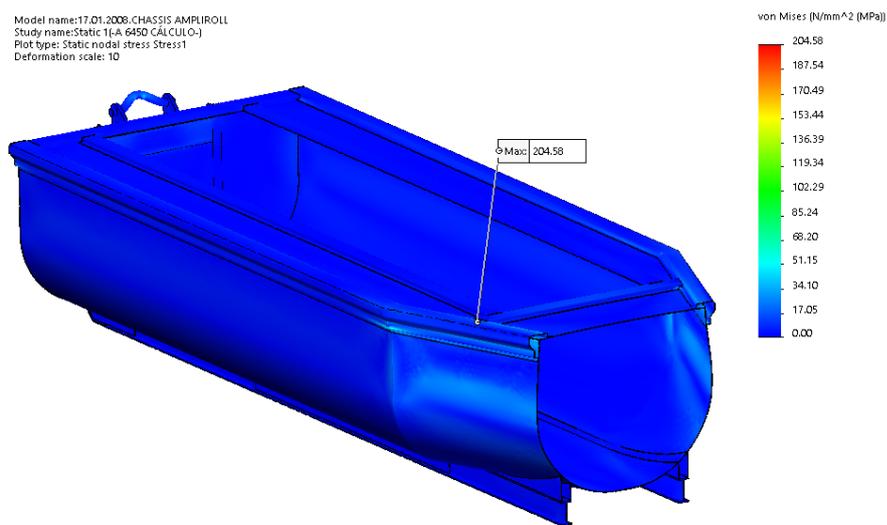


Figura 103 - Cálculo da tensão equivalente de von Mises através do MEF no contentor

O deslocamento máximo obtido de 4,1 mm, encontra-se no local indicado na Figura 104. Na Figura 105 é mostrado o mesmo cálculo do deslocamento máximo, mas através de uma vista traseira, para melhor percepção da deformação que a carga de asfalto irá realizar no contentor (efeito de “barriga” nas laterais)

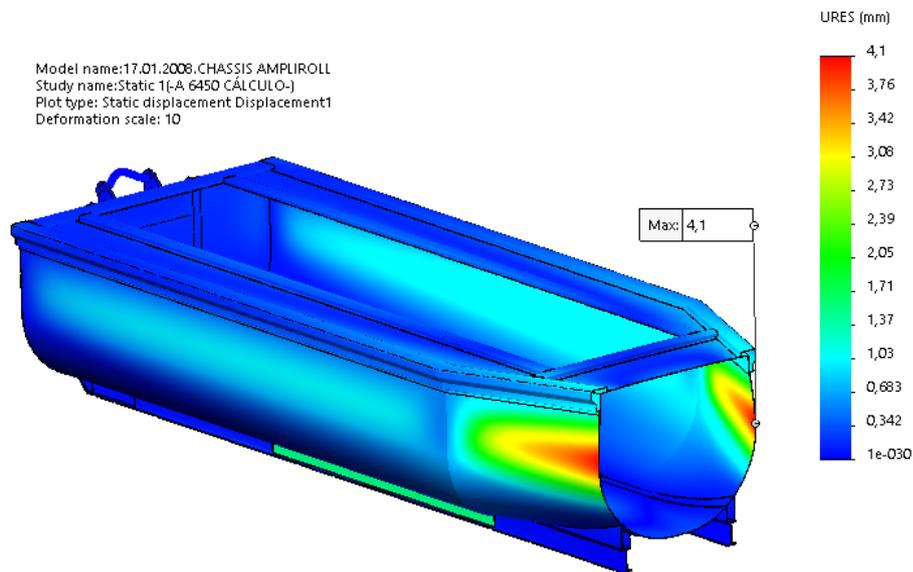


Figura 104 - Cálculo do deslocamento máximo através do MEF no contentor

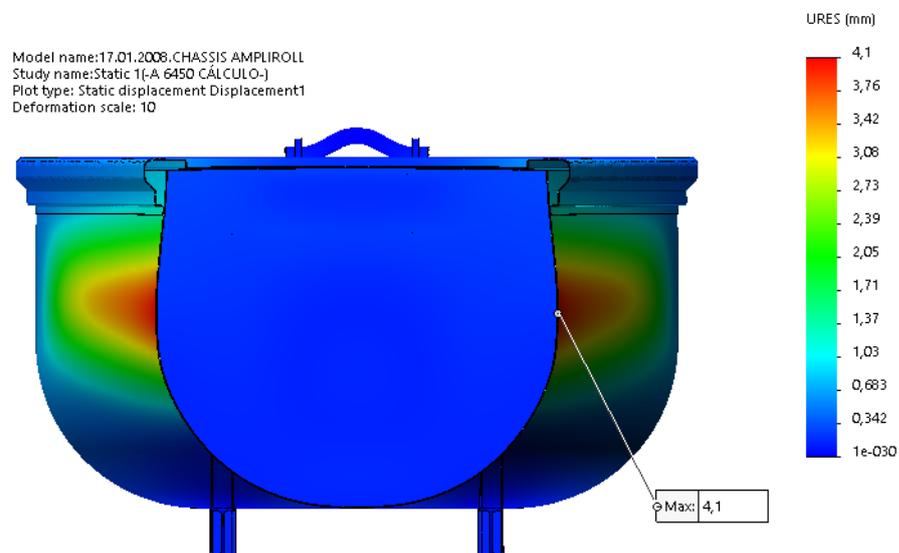


Figura 105 - Cálculo do deslocamento máximo, vista traseira, para melhor percepção do efeito "barriga" pela carga (escala de deformação 1:10)

O fator de segurança (*Factor of Fafety* - FOS) mínimo obtido de 1,7 encontra-se situado no local indicado na Figura 106.

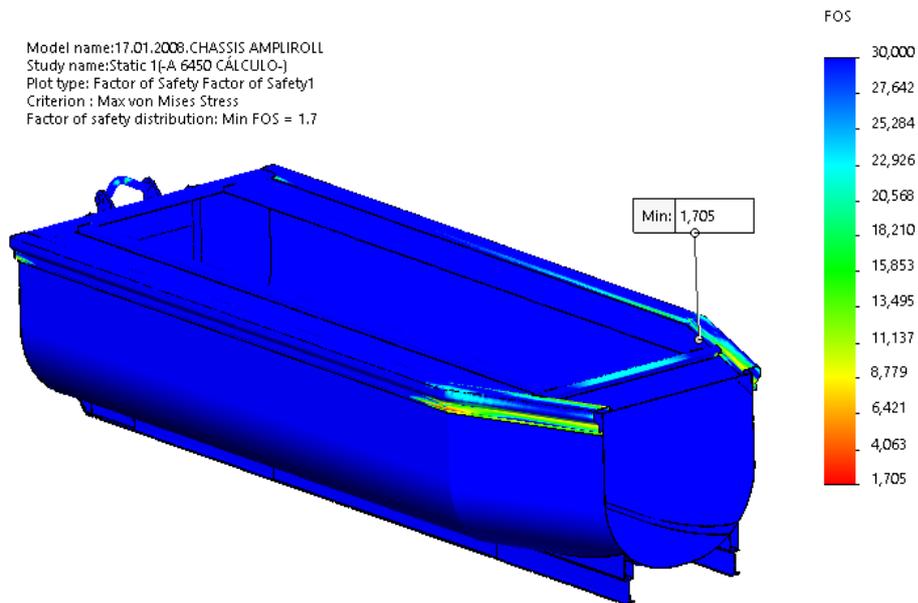


Figura 106 - Cálculo do FOS através do MEF no contentor

#### 8. Análise de resultados

Após os resultados obtidos na análise através do MEF, verifica-se que a tensão máxima de von Mises calculada foi de 204,58 MPa. O FOS mínimo obtido foi de 1,7 . Relativamente ao deslocamento máximo, será de 4,1 mm. É importante ter em conta, que este modelo foi realizado para o cálculo, e que estarão em jogo outras peças não consideradas nesta análise. Isto deveu-se à dificuldade de se obter uma malha com um elevado número de peças, com geometrias e ligações complexas, para posteriormente realizar a simulação com as cargas pretendidas. De se notar que o número de elementos criados (4.817.856) é bastante elevado justificando um elevado tempo para o computador conseguir realizar a malha e os cálculos pretendidos. Posto isto, o FOS obtido, o deslocamento máximo e a tensão máxima equivalente de von Mises, pensa-se que teriam valores ainda mais aceitáveis, caso se conseguisse analisar todas as peças projetadas em conjunto para o contentor.

### 3.5.5 Esquema do circuito hidráulico e pressões associadas

Para os componentes de acionamento hidráulico, através de cilindros de duplo efeito (portas superiores e avental da porta traseira), realizaram-se os cálculos para determinar as pressões ( $P$ ) requeridas em relação às forças necessárias para o movimento de cada cilindro ( $F_c$ ). Na Figura 107 encontra-se o diagrama de corpo livre realizado para os cilindros hidráulicos. Cabe referir que a massa de uma porta do teto é de 140 kg e o peso do avental é de aproximadamente 100 kg. Ambos as massas referidas foram calculadas através do programa SolidWorks®. Na Tabela 21, apresentam-se os cálculos efetuados para regular as pressões nos cilindros hidráulicos. As pressões obtidas nos cálculos são aproximadas e indicativas, sendo que na realidade existem pequenas variações durante a afinação e montagem. No anexo 6.6, encontra-se o esquema hidráulico realizado com as pressões calculadas a partir da Tabela 21.

Nos cilindros das portas do teto, decidiu-se aplicar válvulas de sequência, de maneira a obter o movimento sequencial de abertura da porta direita, abertura da porta esquerda e depois fecho da porta esquerda e por fim fecho da porta direita. Este movimento existe devido ao batente colocado na porta da direita (pormenor na Figura 107), tem como principal função o isolamento do teto do contentor, pois existe uma folga entre as portas para abertura/fecho sem as mesmas se tocarem. No cilindro do avental decidiu-se colocar uma válvula de retenção pilotada dupla, com a finalidade de assegurar a estanqueidade do sistema hidráulico ou componente, evitando que o atuador venha a ceder durante a operação, de maneira a evitar acidentes.

Cabe referir que os cilindros hidráulicos selecionados para este projeto, são cilindros já fabricados na Basmorais e normalizados. Devido às pressões serem relativamente baixas, comparadas com as pressões máximas admissíveis (200 bar), seria possível projetar novas medidas, isto é, cilindros mais pequenos relativamente ao diâmetro de haste e camisa. Uma outra opção, seria passar a usar sistema pneumático, em vez de hidráulico. Uma vez que os acessórios são mais económicos e os cilindros de corpo em alumínio, poderiam ser comprados. Com esta solução, conseguir-se-ia diminuir algum peso ao contentor.

Tabela 21 - Cálculos para pressões dos cilindros de duplo efeito

<p>Avanço do cilindro da porta do teto (abertura da porta do teto)</p>	$M = F \times L \quad (4)$ $M = (140 \times 9,81) \times 0,360 = 494 N.m \quad (5)$ <p>O Cilindro terá de exercer um binário no veio de rotação da porta de aproximadamente 500 N.m.</p> $F_c = \frac{M}{L} = \frac{500}{0,041} = 12195 N \quad (6)$ $A_o = \pi \times r^2 = \pi \times \left(\frac{60}{2}\right)^2 = 2826 mm^2 \quad (7)$ $P = \frac{F_c}{A_o} = \frac{12195}{2826} = 4,31 MPa \quad (8)$ <p>Tendo em conta que o circuito terá perdas e variações de caudais (4,31 MPa = 43,1 bar) a pressão a ser estabelecida será aprox. 45 bar em A<sub>1</sub>.</p>
<p>Recuo do cilindro da porta do teto (fecho da porta do teto)</p>	<p>Utilizando a equação (4) obteve-se:</p> $M = (140 \times 9,81) \times 0,180 = 247 N.m \quad (9)$ <p>O cilindro terá de realizar um binário no veio de rotação da porta de aproximadamente 250 N.m.</p> $F_c = \frac{M}{L} = \frac{250}{0,066} = 3788 N \quad (10)$ $A_o = \pi \times r^2 = \pi \times \left(\frac{(60-35)}{2}\right)^2 = 491 mm^2 \quad (11)$ $P = \frac{F_c}{A_o} = \frac{3788}{491} = 7,71 MPa \quad (12)$ <p>Tendo em conta que o circuito terá perdas e variações de caudais (7,71 MPa = 77,1 bar) a pressão a ser estabelecida será aprox. 80 bar em B<sub>1</sub>.</p>

Avanço do cilindro do avental da porta traseira (abertura do avental)

Utilizando a equação (4) obteve-se:

$$M = (100 \times 9,81) \times 0,060 = 58,86 N.m \quad (13)$$

O Cilindro terá de realizar um binário de aproximadamente 60 N.m.

$$F_c = \frac{M}{L} = \frac{60}{0,06} = 1000 N \quad (14)$$

Utilizando a equação (11) e (12) obteve-se

$$P = \frac{F_c}{A_o} = \frac{1000}{491} = 2,04 MPa \quad (15)$$

Tendo em conta que o circuito terá perdas e variações de caudais (2,04 MPa = 20,4 bar) a pressão a ser estabelecida será de aprox. 23 bar em A<sub>2</sub>.

Recuo do cilindro do avental da porta traseira (fecho do avental)

Neste movimento de cilindro (descendente vertical), a força a ser realizada será bastante inferior, comparada com A<sub>2</sub>, uma vez que o sentido do movimento é o mesmo que o da gravidade e a pressão do óleo no êmbolo do cilindro é realizada pela parte de maior área. Estima-se em aprox. 5 bar em B<sub>2</sub>.

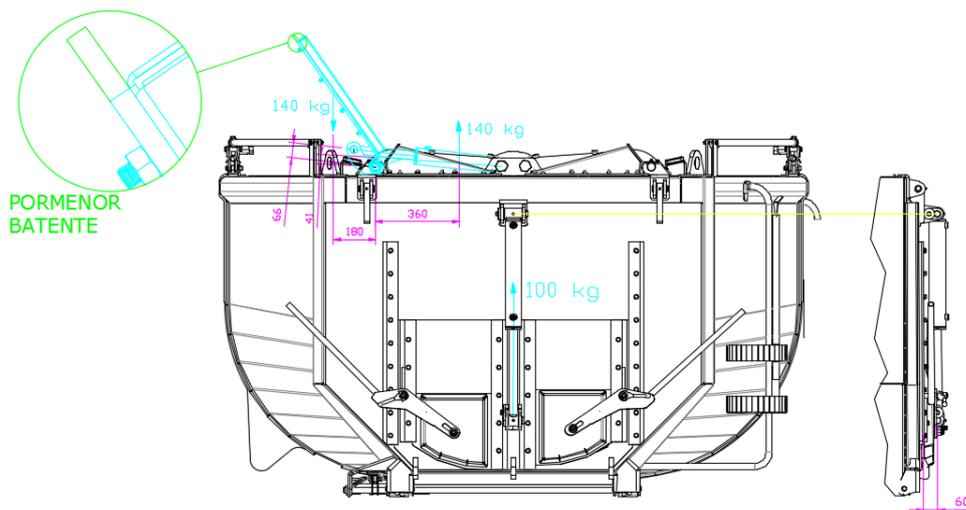


Figura 107 - Diagrama de corpo livre para os cilindros hidráulicos

### 3.5.6 Manual de utilizador e de manutenção com declaração CE de conformidade

Como este produto se enquadra na diretiva de máquinas, realizou-se a marcação CE e respetiva avaliação de riscos envolvente.

Tendo como base no seu funcionamento outra máquina, o equipamento de gancho porta contentores, o contentor enquadra-se na diretiva de máquinas (DIRECTIVA 2006/42/CE) como uma quase-máquina [88]. É definido na diretiva que uma quase-máquina destina-se a ser exclusivamente incorporada ou montada noutras máquinas com vista à constituição de uma máquina. Para colocação no mercado e entrada em serviço, o fabricante antes disso, deve cumprir todas as disposições legais descritas na respetiva diretiva. No anexo 6.7 encontra-se o Anexo 7 - Manual de Utilizador e de Manutenção com declaração CE de conformidade. Na Figura 108, pode-se observar a chapa de identificação do contentor fabricado com o nº de série e data de conclusão de fabrico.



Figura 108 - Chapa de identificação do contentor com marcação CE

### 3.5.7 Plano final para aprovação do cliente

Depois de concluída toda a fase do projeto do contentor, realizou-se o plano final com a respetiva Repartição de cargas (3.5.2) anteriormente efetuada, de maneira a que o cliente possa aprovar todas as medidas e dimensões (ver anexo 6.5 Anexo 5 - Plano final com repartição de cargas), para dar-se início à produção.

## 3.6 Produção dos componentes, montagem e acabamento superficial

Após aprovação do plano final com repartição de cargas pelo cliente (ver Anexo 5 - Plano final com repartição de cargas, seguiu-se para produção dos componentes e conjuntos. Cabe referir que os processos de fabrico para obtenção do contentor são referidos nos desenhos de definição existentes no Anexo 6.8 bem como todas as medidas dos componentes e desenhos de conjunto. A explicação do método e respetiva descrição dos processos de fabrico não serão aqui abordadas. Na Figura 109 segue-se a sequência definida para produção do contentor térmico redondo.

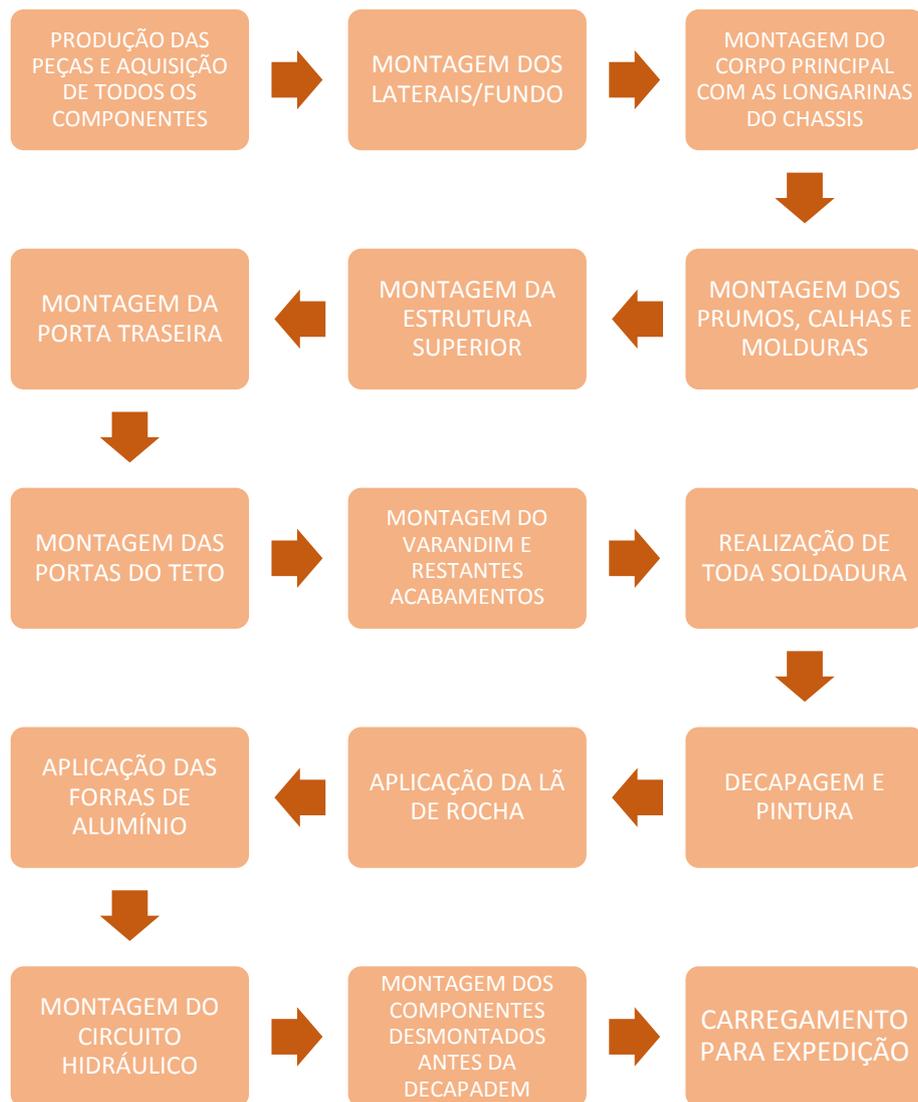


Figura 109 - Sequência da produção do contentor térmico redondo

Na Figura 110, mostram-se alguns dos componentes fabricados prontos para montagem.

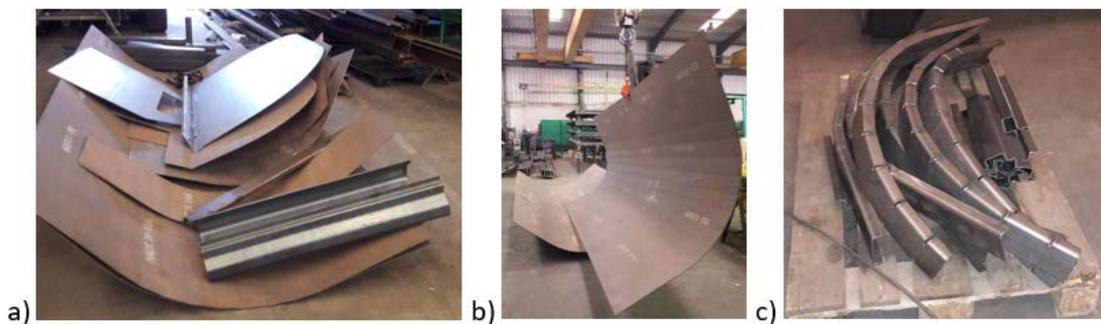


Figura 110 - Alguns componentes produzidos para início da montagem a) frente e molduras, b) laterais/fundo e c) calhas e prumos

Antes de se iniciar a montagem, procedeu-se à interpretação dos desenhos de definição com os colaboradores responsáveis (Figura 111) pela montagem, a fim de ir ao encontro do estudo e projeto realizado. De seguida, realizou-se a montagem dos laterais/fundos (Figura 112).

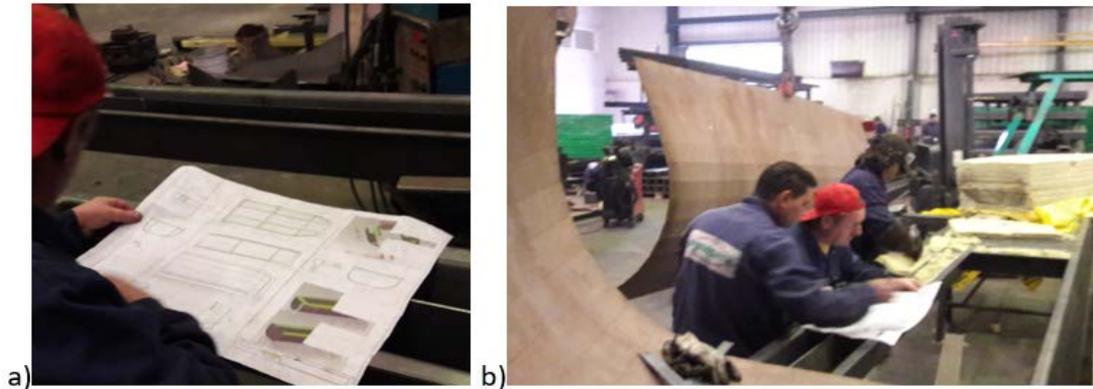


Figura 111 - Interpretação dos desenhos de definição com os colaboradores responsáveis pela montagem

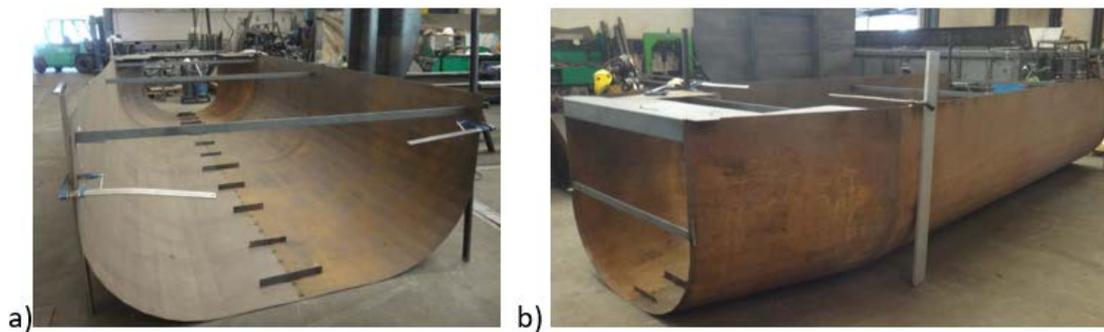


Figura 112 - Montagem das laterais/fundos a) vista frontal e b) vista traseira

Depois colocou-se a estrutura montada sobre as longarinas do chassis (IPN 180) e seguiu-se para a montagem das colunas/molduras traseiras (ver Figura 113) e prumos/calhas laterais (ver Figura 114). De seguida avançou-se para a montagem da estrutura superior (ver Figura 115).

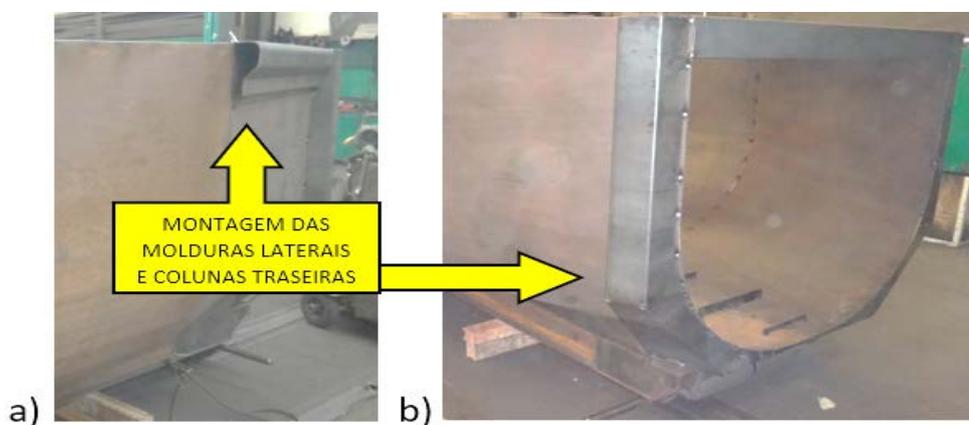


Figura 113 - Montagem das molduras e colunas traseiras a) moldura e b) coluna traseira

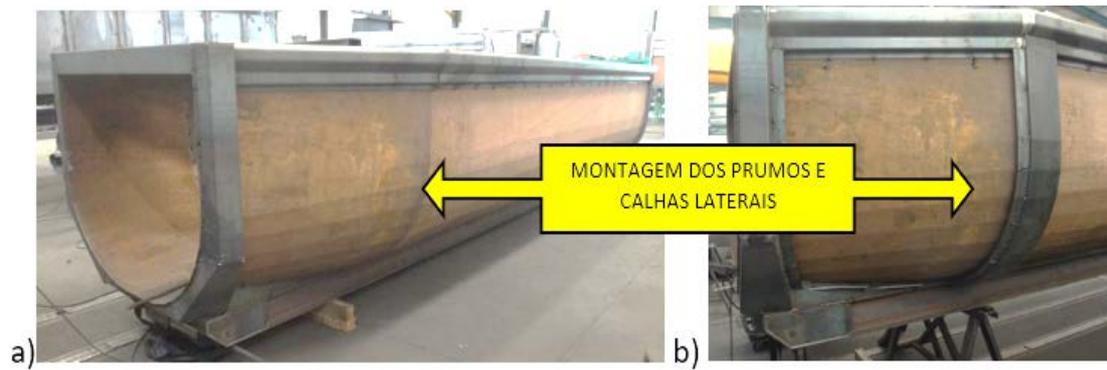


Figura 114 - Montagem dos prumos e calhas laterais a) antes da montagem e b) depois da montagem

Nesta fase, verificou-se uma maior facilidade na montagem do monocoque relativamente ao modelo anterior. Como se referiu em 3.2 e como se pode ver na Figura 65, a complexidade de montagem do modelo anterior é elevada, neste novo modelo conseguiu-se reduzir tempo na montagem e evitar erros de medidas/tolerâncias.

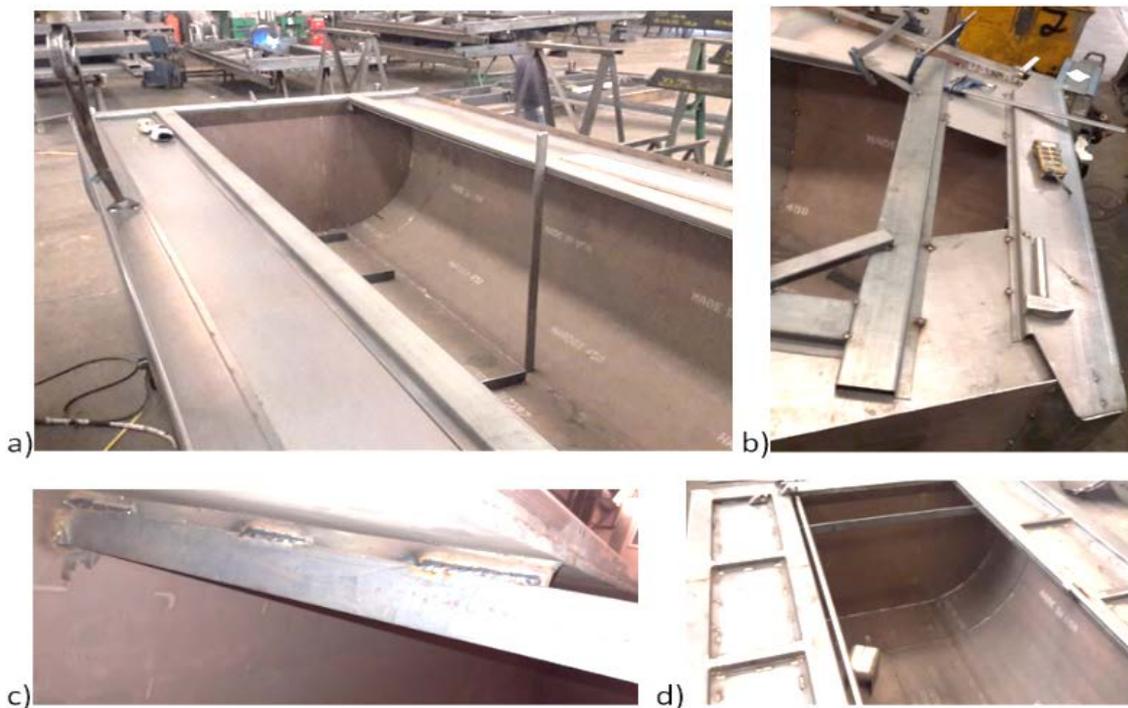


Figura 115 - Montagem da estrutura superior e passadiço a) montagem da almofada do passadiço, b) montagem da almofada traseira superior, c) montagem das barras transversais e d) montagem das travessas do passadiço

Enquanto foi realizada a montagem do monocoque, outro colaborador realizava a montagem da porta traseira com aplicação da lã de rocha. (ver Figura 116 e Figura 117).

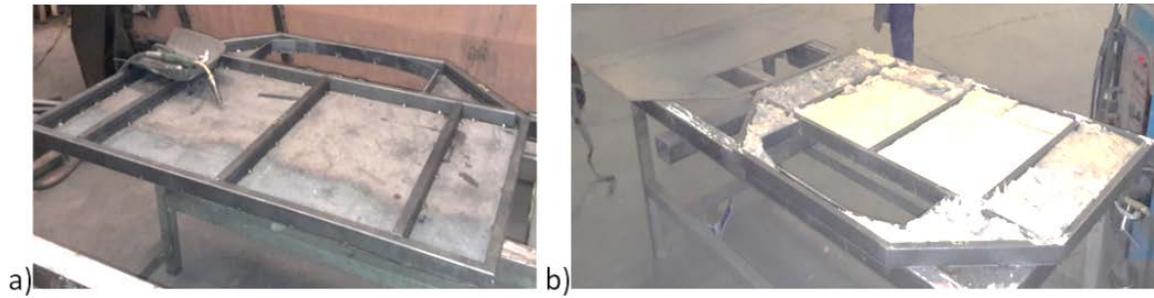


Figura 116 - Montagem da almofada da porta traseira a) montagem estrutural e b) aplicação da lã de rocha



Figura 117 - Montagem da porta traseira a) montagem do avental com portinholas, b) montagem das dobradiças no contentor e c) aspecto da porta finalizada

Terminada a porta, realizou-se a montagem do fecho manual da porta traseira (ver Figura 118).

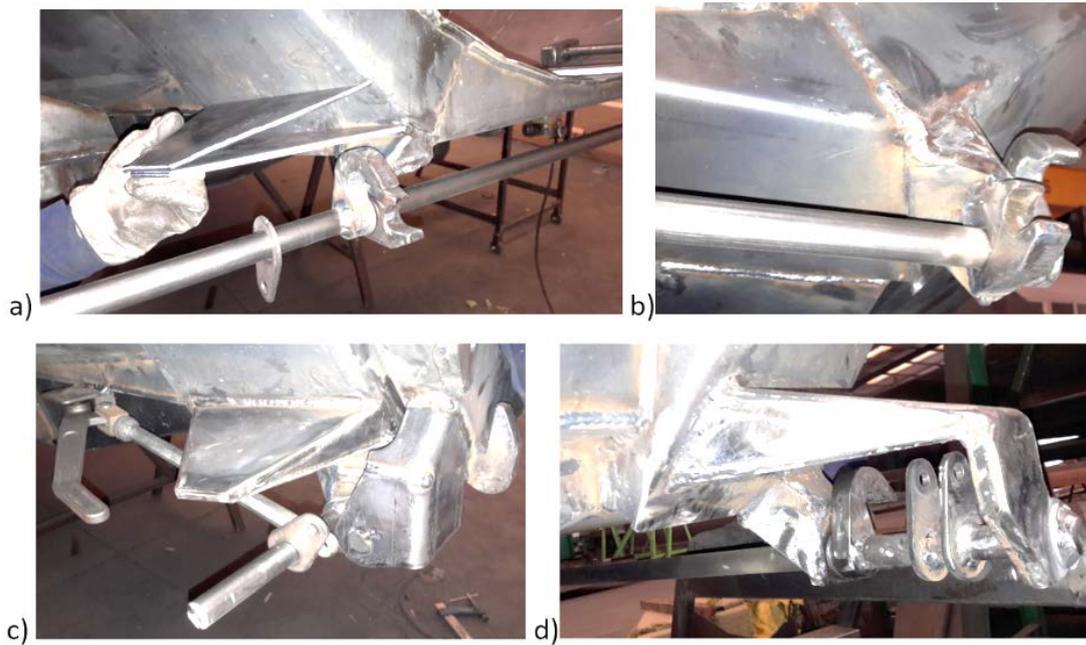


Figura 118 - Montagem do fecho manual da porta traseira a) montagem do veio e suporte esquerdo, b) montagem do suporte direito, c) montagem da tranca/abertura e d) vista traseira do suporte da tranca de segurança

Depois partiu-se para a montagem das portas do teto (ver Figura 119) e para a montagem do sistema de abertura/fecho das portas do teto, através do acionamento de cilindros hidráulicos (ver Figura 120). Depois progrediu-se para a montagem do varandim de segurança e componentes agregados (Figura 121).

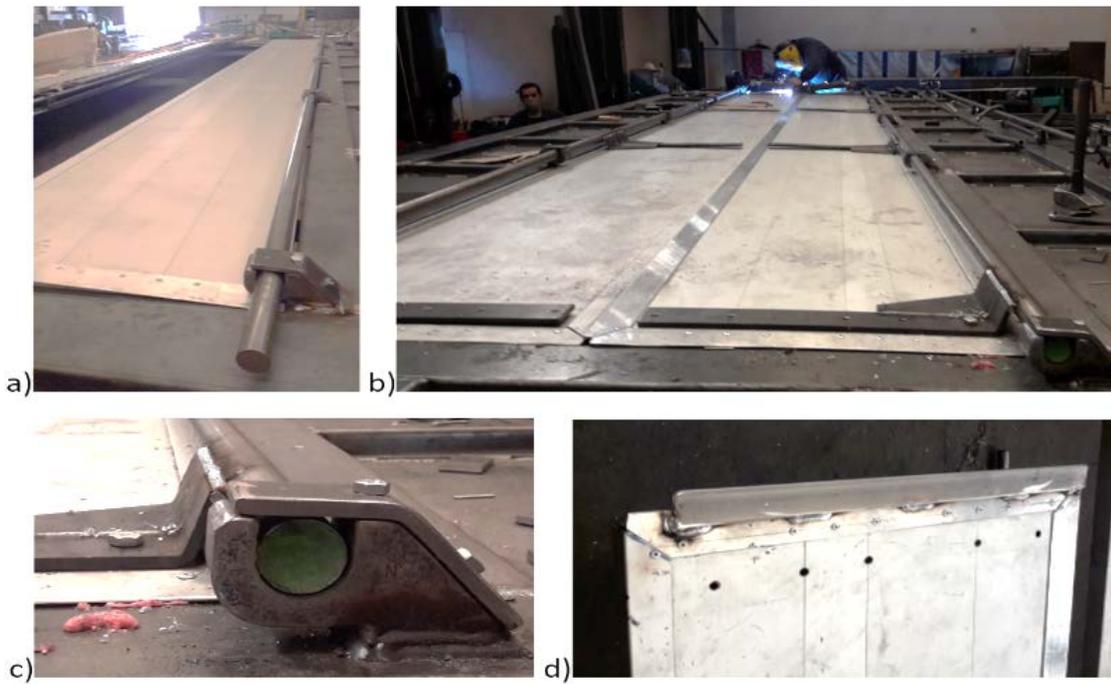


Figura 119 - Montagem das portas do teto a) montagem do veio de rotação e mancais, b) montagem das dobradiças, c) vista em pormenor do mancal do veio e d) montagem da chapa do acabamento de isolamento



Figura 120 - Montagem do sistema de abertura das portas do teto a) vista lateral da montagem dos cilindros, b) vista frontal da montagem e b) verificação da abertura do sistema montado

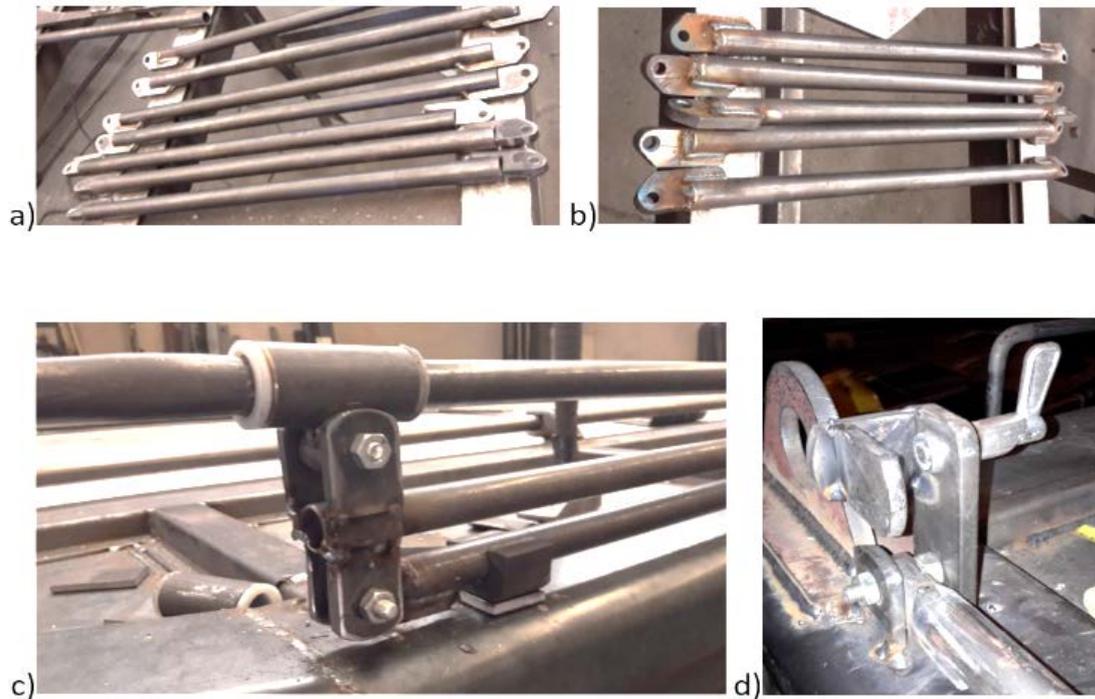


Figura 121 - Montagem dos componentes e conjunto do varandim de segurança a) montagem dos tubos, b) soldadura dos tubos, c) montagem do tubo curvo na traseira e d) montagem do suporte de fixação vertical

Depois seguiu-se com a montagem de mais alguns componentes e acessórios (base de aperto dos calços de fixação dos tubos do varandim, brincos de sustentação, batentes das portas do teto e suporte para garrafa de lubrificação e pá), como se pode ver na Figura 122.

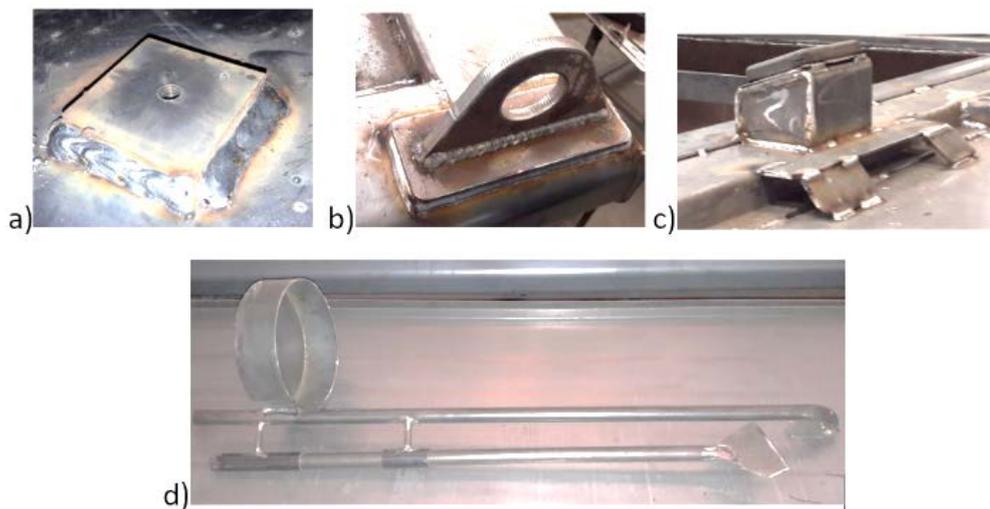


Figura 122 - Montagem dos componentes finais a) base de aperto do calço de fixação dos tubos do varandim, b) montagem do brinco de sustentação, c) montagem do batente das portas do teto e d) montagem do suporte para transporte da garrafa de lubrificação interior e pá, antes de carregar o asfalto.

Uma outra vantagem e ganho, com tempo de montagem relativamente ao contentor anterior, foi eliminar a necessidade de o monocoque ter de ser pintado de primário

antes de terminado. No modelo anterior, devido a não se ter acesso para pintar o interior de algumas calhas e prumos, antes de se montar as chapas dos laterais, fundo e teto, é necessário ser pintado com primário. No novo modelo, conseguiu-se eliminar essa operação, ou seja, os prumos e as calhas são montados encostando-se nas chapas dos laterais e não ao contrário como é realizado no modelo anterior (ver na Figura 123).

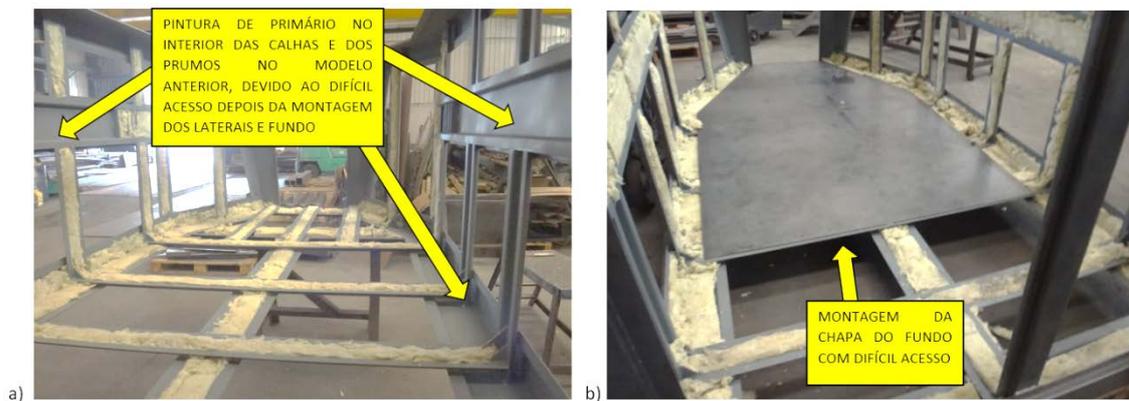


Figura 123 - a) Pintura de primário no interior do monocoque do modelo de contentor anterior e b) aplicação do fundo no modelo anterior

Após concluída a montagem e soldadura de todos os componentes, encaminhou-se para o tratamento superficial, nomeadamente: lavagem/desengorduramento, decapagem (através de granalha de aço) e pintura. Na Figura 124 é mostrado o aspeto do contentor térmico redondo antes de ser decapado e pintado.



Figura 124 - Aspeto do contentor após montagem a) vista frontal, b) vista lateral, c) vista traseira e d) ensaio da forra de alumínio

Após a tinta secar em estufa climatizada, prosseguiu-se com a aplicação da lã de rocha (Figura 125). Depois de estar aplicada a lã de rocha nos laterais, continuou-se com a aplicação na parte superior (Figura 126).

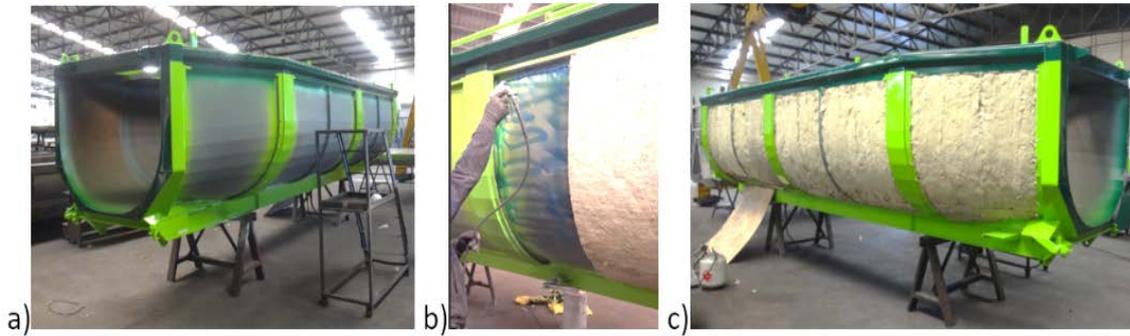


Figura 125 - Aplicação da lã de rocha a) vista lateral antes de aplicar, b) impregnação de cola para aplicar a lã de rocha e c) vista lateral depois de aplicada

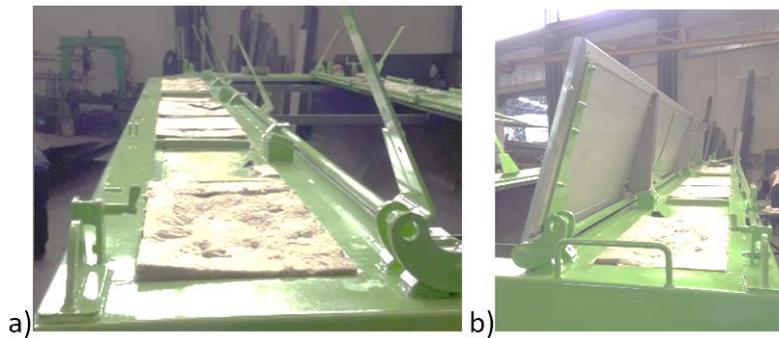


Figura 126 - Aplicação da lã de rocha na parte superior a) lado esquerdo e b) lado direito

A seguir, avançou-se para montagem dos componentes do varandim (Figura 127).

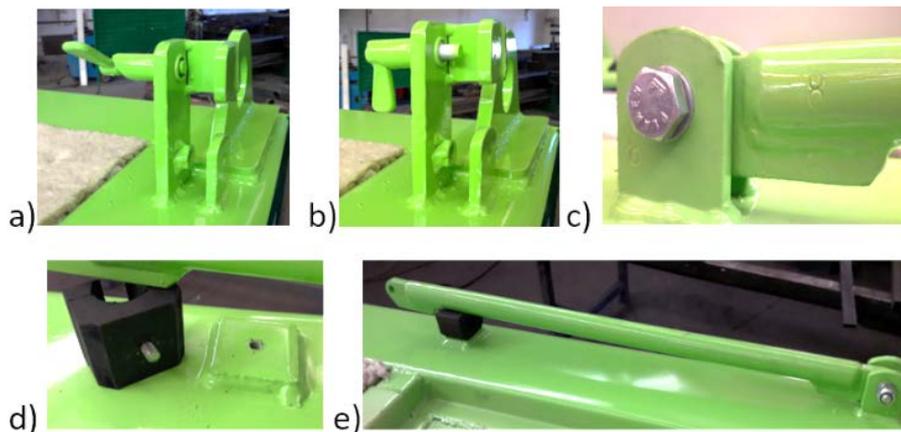


Figura 127 - Montagem final dos componentes dos varandins a) vista do suporte vertical, b) vista do pino do suporte vertical, c) montagem do tubo, d) montagem do calço de borracha para fixação do tubo e e) montagem do tubo no calço de fixação

Prosseguiu-se com a aplicação das forras de alumínio, através de furação manual e rebitagem, e consequente isolamento através de Poliuretano alto módulo de cura

rápida (Figura 128). Este material de colagem, o Poliuretano, é indicado para realização de colagens fortes e elásticas, entre vários tipos de materiais

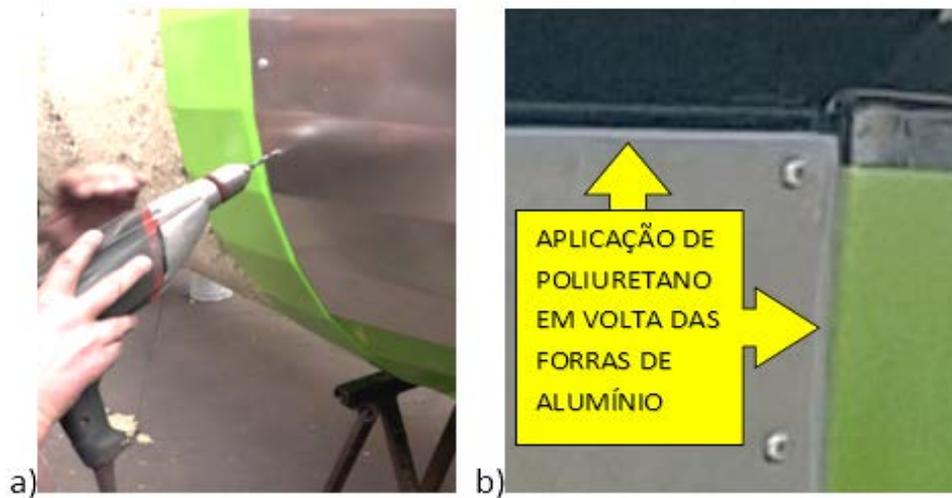


Figura 128 - Aplicação das forras de alumínio a) furação/rebitagem e b) aplicação de poliuretano

Por último, montou-se as portas do teto e porta traseira, bem como o rolo guia. Depois, realizou-se a instalação dos tubos e componentes hidráulicos para acionamento dos cilindros (Figura 129). Na Figura 130 apresenta-se o aspeto final do contentor.

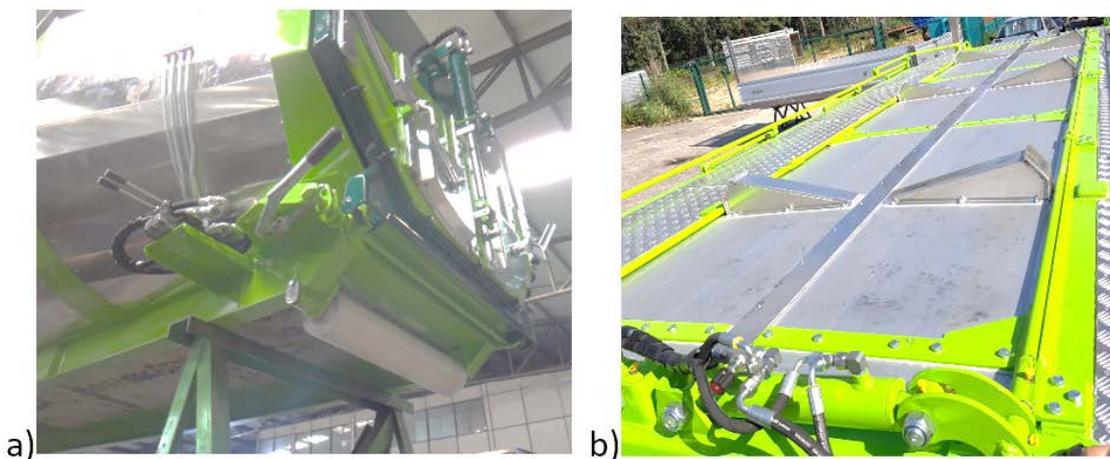


Figura 129 - a) montagem da porta traseira, rolo e distribuidor hidráulico e b) montagem das portas do teto e respectivos cilindros



Figura 130 - Aspeto final do contentor a) vista em perspetiva frontal e b) vista em perspetiva traseira

Concluiu-se com o carregamento e expedição (Figura 131) do contentor para a Suíça.



Figura 131 - Carregamento e expedição

### 3.7 Orçamentação

Nesta etapa teve-se em conta alguns valores médios, para se conseguir obter o valor mais ajustável possível, consoante o custo com a remuneração de cada colaborador, custo de cada matéria prima e custo de produção.

A seguir, definiu-se sequencialmente como os custos são obtidos:

#### 1. Custo com a remuneração de cada trabalhador

Sabendo que existem diferentes remunerações mensais, escolheu-se por definir um custo médio mensal com cada colaborador. Com base nos dados solicitados, a remuneração média na empresa de um operador por hora, tem um custo aproximado de 15€. Este valor é o utilizado para os orçamentos na empresa Basmorais.

## 2. Custo com a matéria prima

Sabe-se que, consoante o tipo de material, o custo de matéria prima varia. Na Tabela 22 seguem-se os valores de mercado dos materiais utilizados por quilograma.

Tabela 22 - Preço em euros por quilograma de matéria prima

MATERIAL	PREÇO (€/kg)
St 37 (S235JR)	0,60
St 52 (S355JR)	0,63
HARDOX <sup>®</sup> 450	1,86
ALU	3,50
Nylon <sup>®</sup> PA 6	6,60

## 3. Custo de produção

Na empresa, existe um custo estimado de produção com cada máquina já estabelecido. Para cada processo de fabrico utilizou-se o valor estimado por hora, como mostrado na Tabela 23.

Tabela 23 - Custo das operações por hora

Processo de fabrico	Custo por hora em €
Corte Serrote	5
Corte Guilhotina	15
Corte Automático	40
Quinagem	15
Torneamento	20
Soldadura	15
Serralharia	10
Decapagem, preparação e pintura	20

Na Tabela 24, encontra-se o resumo final do orçamento para o contentor térmico redondo projetado (versão A 6450 – 15,5 m<sup>3</sup>). No anexo 6.9 encontra-se um orçamento detalhado do custo de produção, de todos os componentes e conjuntos.

Tabela 24 - Resumo final do orçamento para o Contentor Térmico Redondo

Orçamento para Contentor Térmico Redondo	
Custo de produção (ver anexo 6.9)	13573,58 €
Custo de acabamento e pintura	+ 1200 €
Custo total de produção	14773 €
Custos indiretos administrativos e de comercialização (12%)	+ 1773 €

	16547 €
Adicional de lucro (25%)	+ 4964 €
	20682 €
Comissões (5%) do preço de venda (caso aplicável)	1035 €
Preço de venda sem impostos	21715 €

O preço de venda sem impostos foi arredondado de 21715 para 22.000 €. Comparado com o modelo anterior, terá um custo superior de 4000 € para a volumetria correspondente do contentor anterior.

### 3.8 Estudo do ganho de peso no contentor comparado com o modelo anterior

Após conclusão da produção, verificou-se por pesagem que a tara do contentor térmico redondo era de 3076 kg. Uma vez que pesa menos cerca de 950 kg que o modelo fabricado anteriormente (Figura 63), realizou-se uma análise desta vantagem que está diretamente relacionada com o transporte de mais carga. Para a análise, decidiu-se por escolher três cenários como indicado na Tabela 25.

Nos subcapítulos seguintes, são mostrados sequencialmente, os resultados para as quantidades de asfalto transportadas em trajetos de 50 km.

Tabela 25 - Condições definidas para o cenário em análise com o ganho de peso de carga

Característica	Valor	Unidades
Consumo médio do veículo de combustível	40	l/100 km
Emissão de NO <sub>x</sub>	0,08	g/km
Total de asfalto a transportar em trajeto de 50 km de distância	10 50 90	x 1000 t
Distância a percorrer	50	km
Capacidade de carga do Contentor Térmico Redondo	23,6	t
Capacidade de carga do Contentor Térmico anterior	22,65	t
Custo do combustível (Gasóleo Suíça)	1,53	€/l

### 3.8.1 Comparação do contentor térmico redondo com o contentor anterior para transporte de 10 mil toneladas de asfalto em trajetos de 50 km

Na Tabela 26 encontram-se os valores calculados para o transporte de 10 mil toneladas de asfalto, para trajetos de 50 km. Na Figura 132, encontra-se um gráfico com os valores da Tabela 26.

Tabela 26 - Valores obtidos para o cenário de transporte de 10 mil toneladas de asfalto em trajetos de 50 km

	Total de combustível gasto (€)	Total de quilómetros percorridos (km)	Totais emissões de NO <sub>x</sub> (g)
Contentor Térmico Redondo	12 966	21 186	1695
Contentor Térmico anterior	13 510	22 075	1766
Diferença entre Contentor anterior e o Redondo	- 544	- 889	- 71
Percentagem da diferença	- ≈ 4 %		

Através dos valores obtidos na Tabela 26, verificou-se uma poupança de combustível de 544 € e uma redução de quilómetros a percorrer, para o transporte de 10 mil toneladas de asfalto em trajetos de 50 km para a viatura em análise, de 889 km. Relativamente às emissões de NO<sub>x</sub>, consegue-se poluir menos 71 g traduzindo-se num ganho total de 4 % comparado com o contentor anterior.

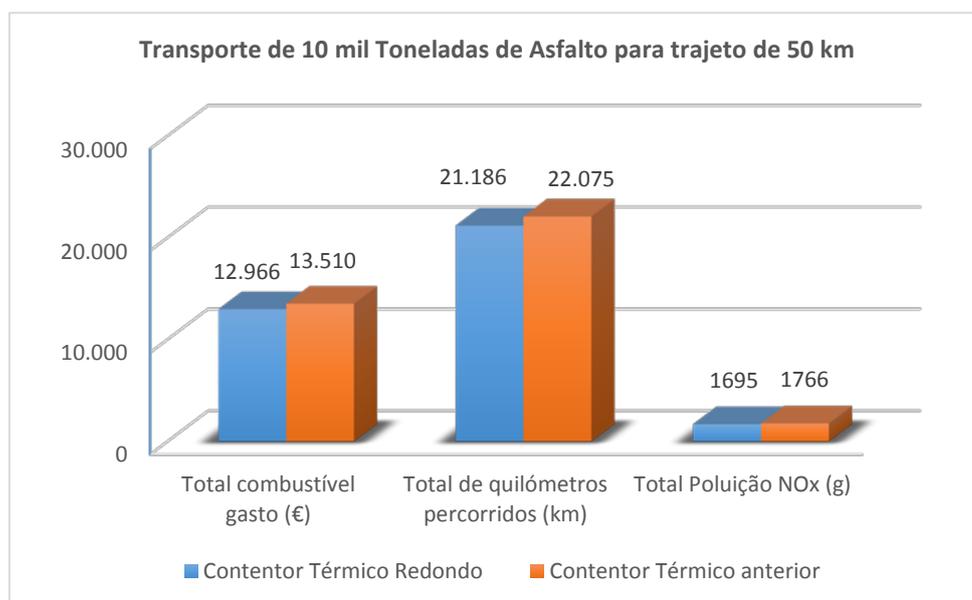


Figura 132 - Gráfico dos valores para o cenário de transporte de asfalto de 10 mil toneladas de asfalto para trajetos de 50 km

### 3.8.2 Comparação do contentor térmico redondo com o contentor anterior para transporte de 50 mil toneladas de asfalto em trajetos de 50 km

Na Tabela 27 encontram-se os valores calculados para o transporte de 50 mil toneladas de asfalto, para trajetos de 50 km. Na Figura 133, encontra-se um gráfico com os valores da Tabela 27.

Tabela 27 - Valores obtidos para cenário de transporte de 50 mil toneladas de asfalto em trajetos de 50 km

	Total de combustível gasto (€)	Total de quilómetros percorridos (km)	Totais emissões de NOx (g)
Contentor Térmico Redondo	64 831	105 932	8475
Contentor Térmico anterior	67 550	110 375	8830
Diferença entre Contentor anterior e o Redondo	- 2719	- 4443	- 355
Percentagem da diferença	- ≈ 4 %		

Através dos valores obtidos na Tabela 27, verificou-se uma poupança de combustível de 2719 € e uma redução de quilómetros a percorrer, para o transporte de 10 mil toneladas de asfalto em trajetos de 50 km para a viatura em análise, de 4443 km. Relativamente às emissões de NOx, consegue-se poluir menos 355 g traduzindo-se num ganho total de 4 % comparado com o contentor anterior.

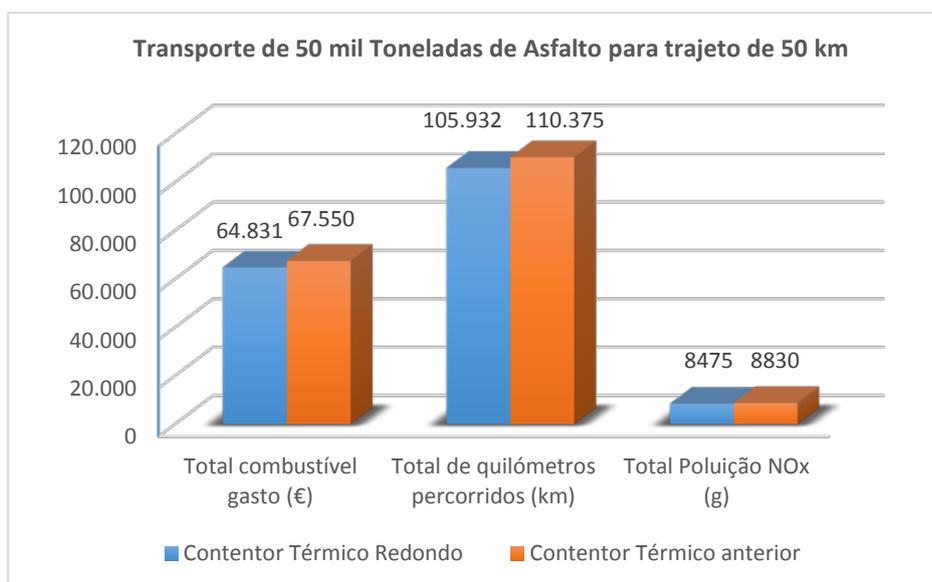


Figura 133 - Gráfico dos valores para o cenário de transporte de asfalto de 50 mil toneladas de asfalto para trajetos de 50 km

### 3.8.3 Comparação do contentor térmico redondo com o contentor anterior para transporte de 90 mil toneladas de asfalto em trajetos de 50 km

Na Tabela 28 encontram-se os valores calculados para o transporte de 90 mil toneladas de asfalto, para trajetos de 50 km. Na Figura 134, encontra-se um gráfico com os valores da Tabela 28.

Tabela 28 - Valores obtidos para cenário de transporte de 90 mil toneladas de asfalto em trajetos de 50 km

	Total de combustível gasto (€)	Total de quilómetros percorridos (km)	Totais emissões de NOx (g)
Contentor Térmico Redondo	116 695	190 678	15254
Contentor Térmico anterior	121 589	198 675	15894
Diferença entre Contentor anterior e o Redondo	4894	7998	640
Percentagem da diferença	- ≈ 4 %		

Através dos valores obtidos na Tabela 28, verificou-se uma poupança de combustível de 4894 € e uma redução de quilómetros a percorrer, para o transporte de 90 mil toneladas de asfalto em trajetos de 50 km para a viatura em análise, de 7998 km. Relativamente às emissões de NOx, consegue-se poluir menos 640 g traduzindo-se num ganho total de 4 % comparado com o contentor anterior.

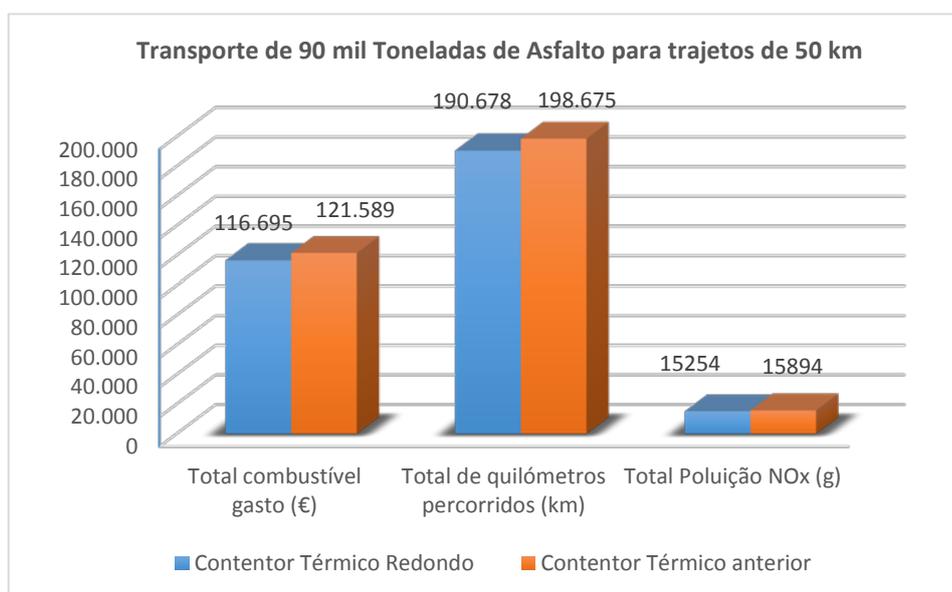


Figura 134 - Gráfico dos valores para o cenário de transporte de asfalto de 90 mil toneladas de asfalto para trajetos de 50 km

Após os resultados e análises obtidas da comparação entre o contentor térmico redondo e o contentor térmico anterior, verificou-se um ganho muito bom, com a maior capacidade de carga do novo contentor. De acordo com a experiência e conhecimento do cliente, uma viatura que realize este tipo de trabalho, pode fazer entre 70 a 100 mil quilómetros por ano. Com esta estimativa, no final de dois anos, o cliente terá poupado 4895 € só em gasóleo. Este ganho é superior em 895 € na diferença de preço do contentor antigo. O ganho com poupança de pneus e desgaste de componentes da viatura, em tempo de viagens poupadas, não foram contabilizados devido a não se conseguir valores sobre estes custos. O ordenado mensal do condutor de um viatura pesado de mercadorias na Suíça, é em média 4000 €. Estimando que um condutor realiza 100.000 km por ano e aproximadamente 9090 km em 11 meses de trabalho por ano, ao fim de transportar 90.000 t de asfalto, terá realizado aproximadamente menos 8000 km com o novo contentor (Tabela 28). Isto traduz um ganho de quase um mês de trabalho, ou seja, um ganho de aproximadamente 4000 € em dois anos com o ordenado do condutor. Com tudo isto, ainda se contribui para o ambiente com menos emissões de substâncias poluentes e gravosas para a saúde tais como  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ , entre outras.



# CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÃO INICIAL

4.2 CONCLUSÃO FINAL



## 4 CONCLUSÕES

A produção de contentores e equipamentos para veículos pesados de mercadorias, visa o transporte de bens materiais, com segurança e qualidade para os condutores e meios de transporte. A competitividade e aspetos ambientais tornam-se muito importantes nos dias de hoje, para a carga a transportar. O contentor térmico redondo foi, neste sentido, estudado, produzido e comercializado para atingir os objetivos de mercado.

### 4.1 CONCLUSÃO INICIAL

Verifica-se existir alguma complexidade no processo de *design* de um novo produto. Apesar de inicialmente se saber os requisitos (descritos em 3.3), foi bastante moroso conseguir atingi-los, em função do modelo e forma pretendidos. Para tal, foi importante e necessário ter conhecimentos de seleção de materiais e de modelação 3D de peças metálicas, bem como, dos processos de fabrico envolvidos. A escolha de um material com melhores características mecânicas e anti desgaste, o Hardox<sup>®</sup> 450, foi sem dúvida fulcral para garantir uma maior qualidade do produto, aliada a uma espessura inferior (de 4 mm para 3,2 mm) obtendo-se um ganho substancial na tara final do contentor térmico redondo. Nas portas superiores também, se verificou um ganho substancial no peso, uma vez que as portas do contentor anterior são em S235 e, no contentor térmico redondo, são em alumínio com uma massa volúmica inferior.

Ao ser projetado este contentor, teve-se noção de que seria necessário criar alguns tamanhos diferentes, devido ao facto de existirem viaturas munidas de equipamentos com gancho com vários comprimentos e tamanhos. Por esse motivo desenvolveram-se quatro versões de comprimentos com a respetiva cubicagem (como se pode verificar em 6.8 Anexo 8 - Desenhos de definição dos componentes e conjuntos versões: A 6950, A6450, A5950 e A 5450).

O orçamento do contentor, visou o custo dos diversos materiais, componentes normalizados, custo/hora das máquinas, tempo de processamento e custo de mão-de-obra. A atribuição do preço para as restantes configurações, foi estabelecido com uma diferença de 1000 € com base no peso, ou seja, para versão calculada o orçamento (A 6450) terá o custo, conforme mostrado em 3.7, de 22.000 € sendo que as outras versões custarão: A 6950 – 23.000 €, A 5950 – 21.000 € e A 5450 – 20.000 €. O contentor anterior tem um preço inferior de 4000 € para cada respetiva configuração. O preço mais elevado do novo contentor térmico, deve-se principalmente ao uso de materiais mais caros e também, devido ao aumento de peças obtidas por corte automático. A maior parte das peças do contentor anterior, são obtidas por corte guilhotina um processo de corte mais económico, porém, muito mais limitado na obtenção da geometria das peças. Apesar de o *design* e forma do contentor ser diferente do modelo anterior, teve-se em consideração manter peças já fabricadas, de

maneira a poder-se “normalizar” o máximo possível. As peças da porta, cilindros hidráulicos e outros pequenos componentes, são produtos já fabricados na Basmorais.

No que toca ao isolamento térmico, sabe-se que o contentor anterior já garante as necessidades para a perda térmica, sendo por isso que se utilizou-se a mesma espessura de lã de rocha (35 mm). Para o contentor térmico redondo, o material utilizado no interior, o Hardox<sup>®</sup> 450, tem uma condutividade térmica inferior ao material utilizado no contentor anterior, o S235 (como descrito na Tabela 8). Por isto, conclui-se que terá uma menor perda de calor do asfalto, face ao contentor anterior, fator que abona a favor da nova versão.

Relativamente à análise do comportamento mecânico (resistência às solicitações), foi necessário realizar um modelo, de maneira a ser possível obter resultados próximos do real. Esta adaptação foi bastante morosa, principalmente na traseira do contentor, uma vez que a geometria das superfícies em jogo é bastante complexa, não se conseguindo, portanto, obter uma simulação com todas as peças projetadas.

Pensa-se que o modelo anterior, ainda deverá ser comercializado devido a clientes mais conservadores. Com o ganho de peso na carga e, sabendo que no transporte de mercadorias é um fator muito importante, o retorno desse investimento face ao contentor anterior, é bastante compensatório como demonstrado em 3.8 que após transportar 90 mil toneladas de asfalto (aproximadamente dois anos de trabalho) o cliente terá poupado 4895 € só em gasóleo comparando a mesma quantidade de asfalto transportada. Este ganho é superior em 895 € na diferença de preço do contentor antigo. O ganho com poupança de pneus e desgaste de componentes da viatura, em tempo de viagens poupadas, não foram contabilizados devido a não se conseguir valores sobre estes custos. O ordenado mensal do condutor de um viatura pesado de mercadorias na Suíça, é em média 4000 €. Estimando que um condutor realiza 100.000 km por ano e aproximadamente 9090 km em 11 meses de trabalho por ano, ao fim de transportar 90.000 t de asfalto, terá realizado aproximadamente menos 8000 km com o novo contentor (Tabela 28). Isto traduz um ganho de quase um mês de trabalho, ou seja, um ganho de aproximadamente 4000 € em dois anos com o ordenado do condutor. Com tudo isto, ainda se contribui para o ambiente com menos emissões de substâncias poluentes e gravosas para a saúde tais como NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, entre outras.

O novo modelo, possuiu materiais com melhores características, possibilitando maior tempo de vida útil comparado com o anterior. Para concluir, o transportador realizará menos quilómetros para transportar a mesma quantidade de asfalto, podendo ser mais competitivo.

Na Figura 135, encontra-se a análise SWOT (Strength, Weakness, Opportunities and Threatened) em português Pontos Fortes, Pontos Fracos, Oportunidades e Ameaças do produto projetado face ao anterior relativamente à sua comercialização.



Figura 135 - Análise SWOT do novo contentor

Na Tabela 29, pode-se observar a análise dos objetivos estabelecidos em 1.2 com os resultados conseguidos no contentor térmico redondo.

Tabela 29 - Análise dos objetivos com resultados obtidos

Objetivo	Resultados Obtidos	Estado
Diminuição do peso do contentor para maior capacidade de carga	950 kg à mais que o modelo anterior	↑
Melhorar o <i>design</i> para facilitar o escoamento do material	Formato arredondado possibilitando um melhor escoamento	↑
Aumentar a capacidade de carga	Aumento da volumetria em 1,6 m3	↑
Reduzir custo de produção	Apesar de ser mais rápido a montagem, devido aos processos de fabrico e materiais utilizados, o custo aumentou	→

(Legenda: ↑ - Atingido; → - Parcialmente Atingido; ↓ - Não Atingido)

#### 4.1.1 Vantagens e desvantagens face ao contentor atual

As vantagens identificadas face ao contentor atual foram:

- Maior capacidade de carga (950 kg);
- Materiais com melhores características mecânicas e térmicas (Hardox<sup>®</sup> 450);
- Veio do gancho com possibilidade de ser facilmente substituído;
- Maior facilidade na montagem do monocoque.

As desvantagens evidenciadas face ao contentor atual foram:

- Maior investimento inicial do cliente e da empresa Basmorais, devido ao número de peças obtidas por corte automático ser maior, e também devido aos materiais serem mais caros;
- Inexistência de gabaris devido a ser um novo produto (sendo uma desvantagem temporária).

A seguir, segue-se a conclusão final deste trabalho com o parecer do cliente perante o produto fabricado e em funcionamento.

## 4.2 CONCLUSÃO FINAL

Com este trabalho foi possível obter uma evolução do conhecimento pessoal bastante significativo no que respeita a projeto de equipamentos deste tipo. Este crescimento não esteve apenas associado à realização do projeto, mas também ao acompanhamento da fase de produção e montagem, que permitiu visualizar detalhes a serem melhorados e dificuldades de montagem, que muitas vezes passam despercebidos na fase de projeto.

A espessura do material escolhido para os laterais/fundo (Hardox<sup>®</sup> 450 ) foi de 3,2 mm, devido a ser a menor espessura existente deste material no mercado nacional. Caso existisse uma espessura de 3 mm ou até 2,5 mm, os resultados poderiam ter sido ainda melhores.

Após alguns dias do envio da primeira unidade e alguns dias de trabalho com o contentor, o cliente encomendou mais duas unidades, tendo ficado bastante satisfeito com o produto final.

Na Figura 136, Figura 137, Figura 138 e Figura 139 pode-se observar o contentor em trabalho (fotografias enviadas pelo cliente) a descarregar asfalto para máquina pavimentadora.

Pode-se concluir que o contentor térmico redondo foi um produto lançado para o mercado com melhorias significativas face ao contentor existente, possibilitando uma maior capacidade de carga e com melhores características, traduzindo-se numa possibilidade de o cliente poder ser mais competitivo e mais amigo do ambiente, poluindo menos, uma vez que para uma determinada quantidade de asfalto a transportar, conseguirá realizar menos trajetos por ter uma maior capacidade de carga.



Figura 136 - Contendor em trabalho a descarregar asfalto para máquina pavimentadora dentro de um túnel - vista lateral frente (fotografia fornecida pelo cliente)



Figura 137 - Vista lateral do contendor em trabalho a descarregar asfalto para máquina pavimentadora (fotografia fornecida pelo cliente)



Figura 138 – Contentor a descarregar asfalto para máquina pavimentadora (vista traseira aproximada)



Figura 139 - Contentor a descarregar asfalto para máquina pavimentadora (vista traseira)

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES  
DE INFORMAÇÃO**



## 5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- [1] R. Pereira, A. Almeida-Costa, C. Duarte, and A. Benta, *Warm mix asphalt: Chemical additives effects on bitumen properties and limestone aggregates mixture compactibility*. International Journal of Pavement Research and Technology (<https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.10.005>).
- [2] G. Liu and C. J. Glover, A study on the oxidation kinetics of warm mix asphalt. *Chemical Engineering Journal*, vol. 280, pp. 115–120, 2015 (<http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2015.05.074>).
- [3] J. W. Joubert, Multi-agent model of route choice when vehicles are sensitive to road grade. *Procedia Computer Science*, vol. 109, pp. 869–874, Jan. 2017 (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050917310773>).
- [4] P. G. Lavin, *Asphalt Pavements: A Practical Guide to Design, Production and Maintenance for Engineers and Architects*. New York: SPON, 2003 (ISBN: 0203453298).
- [5] Transports Lopes SA. Obtido em 20 de outubro de 2017 (<http://www.transportslopes.ch>).
- [6] L. A. dos S. Senna and L. A. dos S. Senna, Planejamento e investimentos em infraestrutura de transportes - Capítulo 10. *Economia e Planejamento Dos Transportes*, 2014, pp. 201–229 (ISBN: 9788535277364).
- [7] J. M. Bandeira, T. Fontes, S. R. Pereira, P. Fernandes, A. Khattak, and M. C. Coelho, Assessing the Importance of Vehicle Type for the Implementation of Eco-routing Systems, *Transportation Research Procedia*, vol. 3, pp. 800–809, 2014 (ISSN: 23521465).
- [8] EUROPA - Transporte | European Union. Obtido em 03 de março de 2018 (<https://europa.eu/european-union/file/1242/>).
- [9] J. Cowie, *The Economics of Transport*, 2010 (ISSN: 23521465).
- [10] C. Voortman, *Global Logistics Management*. Cape Town, 2004 (ISBN: 0 7021 6641 3).
- [11] R. M. Monczka, R. B. Handfield, L. C. Giunipero, and J. L. Patterson, *Purchasing and Supply Chain Management* 2009 (ISBN: 9780324381344).
- [12] H. Williams, *Road and Rail Transportation - History of Invention*. London: The Brown Reference Group, 2004 (ISBN: 1840441690).

- [13] Rudolf Christian Karl Diesel: Invention, Contribution & Patent | Study.com. Obtido em 05 de março de 2018 (<https://study.com/academy/lesson/rudolf-christian-karl-diesel-invention-contribution-patent.html>).
- [14] Ford's assembly line starts rolling - Dec 01, 1913 - HISTORY.com. Obtido em 05 de março de 2018 (<http://www.history.com/this-day-in-history/fords-assembly-line-starts-rolling>).
- [15] V. Smil, *Prime Movers of Globalization*, London (ISBN 9780262014434).
- [16] About Henry Ford: The history of the Model T. Obtido em 05 de maio de 2018 (<http://model-t-forever.com/AboutHenryFord/>).
- [17] P. B. Alan Rushton, Phil Croucher, *THE HANDBOOK OF LOGISTICS & DISTRIBUTION MANAGMENT*, 4TH EDITIO. LONDON, 2010 (ISBN: 978 0 7494 5714 3).
- [18] J. Castanedo, M. Á. Pesquera, P. Casares-Hontañón, P. Coto-Millan, and V. Borissov, Efficient Route of Freight Transport by Road, Evaluated with Innotransmer, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 160, pp. 634–643, 2014 (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814062788>).
- [19] Company History | Daimler. Obtido em 02 de fevereiro de 2018 (<https://www.daimler.com/company/tradition/company-history/>).
- [20] EUR-Lex - 32011R0582 - EN - EUR-Lex, 2011. Obtido em 04 de março de 2018 (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32011R0582>).
- [21] Emission Standards: Europe: Heavy-Duty Truck and Bus Engines. Obtido em 04 de março de 2018 (<https://www.dieselnet.com/standards/eu/hd.php>).
- [22] POR DATA, 2016. Obtido em 20 de outubro de 2016 ([www.pordata.pt](http://www.pordata.pt)).
- [23] ANSR - AUORIDADE NACIONAL SEGURANÇA RODOVIÁRIA, 13<sup>a</sup> alteração ao Código da Estrada pela Lei n.º 72/2013 de 3 de setembro, pp. 1–8, 2013.
- [24] Classificação e Características de Veículos Pesados, *CEPRA - Formação Modular Automóvel*, Lisboa, 2007.
- [25] Homologação Veículos - IMT. Obtido em 05 de outubro de 2017 (<http://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/Veiculos/Aprovacoes/HomologacoesVeiculos/Paginas/HomologacaoVeiculos.aspx>).
- [26] CEPRA - Centro de Formação Profissional da Reparação Automóvel. Obtido em 05 de fevereiro de 2018 (<https://www.cepra.pt/portal/>).
- [27] The new Volvo FH. Obtido em 03 de abril de 2018

- (<https://fh.volvotrucks.com/en-nz/index.html#section2/0>).
- [28] ARCEN ENGENHARIA, S.A. Obtido em 01 de abril de 2018 ([http://www.arcen.pt/FichaProd.aspx?idc=6&idc2=25&idc1=2&id=42&prod=Ce ntral+Contínua+Móvel](http://www.arcen.pt/FichaProd.aspx?idc=6&idc2=25&idc1=2&id=42&prod=Central+Contínua+Móvel)).
- [29] INEM. Obtido em 02 de março de 2018 (<https://www.bombeiros.pt/wp-content/uploads/2013/01/1205-INEM.jpg>).
- [30] Decreto Lei - 99/2005, *DIÁRIO DA REPÚBLICA*, 2005.
- [31] Decreto Lei - 203/2007 2007.
- [32] D. da República, Decreto-Lei n.º 132/2017, pp. 5638–5647, 2017 (NOVO regulamento que fixa os pesos e as dimensões máximos autorizados para os veículos em circulação).
- [33] S. Bennett and I. A. Norman, *Heavy Duty Truck Systems*, Fifth Edit. New York, 2011 (ISBN: 9781435483828).
- [34] JOST World - Product Catalogue (PDF). Obtido em 07 de março de 2018 (<https://www.jost-world.com/en/products/jost-truck-and-trailer-components/product-catalogue-pdf.html>).
- [35] Products; Kingpins; SAF-HOLLAND. Obtido em 07 de março de 2018 (<http://ww1.safholland.com.pt/sites/portugal/en-US/products/kingpins/Pages/default.aspx>).
- [36] B. Jacob, P. Nordengen, A. O'Connor, and M. Bouteldja, *Proceedings of the International Conference on Heavy Vehicles, HVTT10: 10th International Symposium on Heavy Vehicle Transportation Technologies*, John Wiley and Sons, 2008 (ISBN: 9781118557488).
- [37] James G. Speight, *Asphalt Materials Science and Technology*, 2016 (ISBN: 9780128002735).
- [38] The Curb Erosion From Storms. To Indicate The Layers of Soil. Stock Photo, Picture And Royalty Free Image. Image 35517676. Obtido em 09 de março de 2018 ([https://www.123rf.com/photo\\_35517676\\_the-curb-erosion-from-storms-to-indicate-the-layers-of-soil-and-rock-.html?fromid=eXlvTDJkNIJML2dMMk1xSXZRSmZkdz09](https://www.123rf.com/photo_35517676_the-curb-erosion-from-storms-to-indicate-the-layers-of-soil-and-rock-.html?fromid=eXlvTDJkNIJML2dMMk1xSXZRSmZkdz09)).
- [39] Pesquisa na base de dados - Comissão Europeia - Condições técnicas contratuais adicionais e directrizes para a construção de pavimentos de faixas de rodagem de asfalto, ZTV Asphalt-StB 2007. Obtido em 07 de março de 2018 (<http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/tris/pt/index.cfm/search/?trisaction=search.detail&year=2007&num=288&mLang=PT>).

- [40] G. R. and T. R. Association and T. Asphalt constructions working Group, ZTV Asphalt-StB 07 (German designation)- Additional technical terms of contract and guidelines for the construction of road surfacing from asphalt. p. 93.
- [41] Thermo Asphalt Container - Werner & Weber GmbH. Obtido em 07 de março de 2018 (<http://www.werner-weber.com/en/container/roll-on-off-container/thermo-asphalt-container>).
- [42] NEU: Sattelkipper Asphaltprofi Thermo von Fliegl Trailer - YouTube. Obtido em 02 de agosto de 2017 (<https://www.youtube.com/watch?v=UjKaW-PxvpA>).
- [43] MEILLER rear tipper: At home on the construction site. Obtido em 02 de abril de 2018 (<https://www.meiller.com/en/products/rear-tippers/>).
- [44] Werner & Weber GmbH. Obtido em 01 de março de 2018 (<http://www.werner-weber.com/>).
- [45] N. Cross, *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design*, 2008 (ISBN: 9780471872504).
- [46] ASM, *Materials Selection and Design*, ASM International: Materials Park, OH, p. 2005, 1997 (ISBN: 0871703866).
- [47] N. Vitorino, J. C. C. Abrantes, and J. R. Frade, Quality criteria for phase change materials selection, *Energy Conversion and Management*, vol. 124, pp. 598–606, 2016 (ISSN: 0196-8904).
- [48] A.G.Magalhães, *Estratégias de Seleção de Materiais em Engenharia*, 2015 (Apontamentos da disciplina de Seleção de Materiais do Mestrado de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto).
- [49] H. Tasalloti, H. Eskelinen, P. Kah, and J. Martikainen, An integrated DFMA-PDM model for the design and analysis of challenging similar and dissimilar welds, *Materials and Design*, vol. 89, pp. 421–431, 2016 (ISBN: 0261-3069, ISSN: 18734197).
- [50] J. W. Priest and J. M. Shchez, *PRODUCT DEVELOPMENT AND DESIGN FOR MANUFACTURING*, 2001 (ISBN: 0824799356).
- [51] M. F. Ashby, *Materials Selection in Mechanical Design*, 4th ed., vol. 53, no. 9. 2011 (ISBN: 9781856176637).
- [52] Bob Warfield, *DFMA, Design for Assembly and Manufacturing*. Obtido em 20 de maio de 2018 (<https://www.cnccookbook.com/dfma-design-assembly-design-manufacturing-video-course-pdf-calculator/>).

- [53] N. Krayner and R. Katz, Measuring Simplicity in Mechanical Design, *Procedia Manufacturing*, vol. 21, pp. 878–889, 2018 (ISSN: 2351-9789).
- [54] N. Anwer and L. Mathieu, From reverse engineering to shape engineering in mechanical design, *CIRP Annals*, vol. 65, no. 1, pp. 165–168, 2016 (ISSN: 0007-8506).
- [55] M. F. Ashby and D. R. H. Jones, *Engineering Materials 1, An Introduction to Properties, Applications and Design*, 3rd Edit. Oxford: Elsevier Butterworth, 2005 (ISBN: 0 7506 63804).
- [56] W. Wimmer, K. M. Lee, F. Quella, and J. Polak, *ECODESIGN – The Competitive Advantage*, 2010 (ISBN: 978-90-481-9126-0).
- [57] L. Pschetz and M. Bastian, Temporal Design: Rethinking time in design, *Design Studies*, 2017 (ISSN: 0142-694X).
- [58] M. Gautam, B. Pandey, and M. Agrawal, Chapter 8 - Carbon Footprint of Aluminum Production: Emissions and Mitigation A2 - Muthu, Subramanian Senthilkannan BT - Environmental Carbon Footprints, Butterworth-Heinemann, 2018, pp. 197–228 (ISBN: 978-0-12-812849-7).
- [59] D. TALABÁ and T. ROCHE, *Product Engineering Eco-Design, Technologies and Green Energy*, SPRINGER, 2004 (ISBN: 1-4020-2932-2).
- [60] C. Gallo, N. Faccilongo, and P. La Sala, Clustering analysis of environmental emissions: A study on Kyoto Protocol's impact on member countries. *Journal of Cleaner Production*, vol. 172, pp. 3685–3703, 2018 (ISSN: 0959-6526).
- [61] C. Almer and R. Winkler, Analyzing the effectiveness of international environmental policies: The case of the Kyoto Protocol. *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 82, pp. 125–151, 2017 (ISSN: 0095-0696).
- [62] V. Nelson, *Introduction to Renewable Energy*, 2011 (ISBN: 978-1-4398-9120-9).
- [63] Energias Renováveis. Obtido em 08 de março de 2018 (<http://www.energiasrenovaveis.com/>).
- [64] Asme 14.5M. Dimensional and Tolerancing Professional Certification, 1994.
- [65] What is Engineering? - Definition & Types | Study.com. Obtido em 05 de março de 2018 (<https://study.com/academy/lesson/what-is-engineering-definition-types.html>).

- [66] FRANCIS C. MOON, THE MACHINES OF LEONARDO DA VINCI AND FRANZ REULEAUX HISTORY OF MECHANISM AND MACHINE SCIENCE Volume 2, 2007 (ISBN: 978-1-4020-5598-0).
- [67] B. Barber, Through the eyes of Leonardo da Vinci: Selected drawings by the great renaissance master, 2004 (ISBN: 0572030517).
- [68] Evolution of Computer-Aided Design - Digital Engineering. Obtido em 22 de julho de 2017 (<http://www.digitaleng.news/de/evolution-of-computer-aided-design/>).
- [69] M. Lombard, *Solidworks 2013 Bible*. Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc, 2013 (ISBN: 978-1-118-50840-4).
- [70] Ignited And Technical World Of Auto CAD | Plan n Design. Obtido em 01 de outubro de 2017 (<https://www.planndesign.com/articles/25-ignited-and-technical-world-auto-cad>).
- [71] Makrobim solidworks3 | Makrobim Bilgisayar A.S. Obtido em 03 de abril de 2018 (<http://makrobim.com.tr/solidworks-kursu/makrobim-solidworks3/>).
- [72] Drawingless Manufacturing Communication With SOLIDWORKS MBD. Obtido em 21 de julho de 2017 (<http://solution.javelin-tech.com/solidworks-mbd>).
- [73] A. G. Magalhães, Processos de Fabrico - Cumprimento de especificações do modo económico (Apontamentos das Aulas de Seleção de Materiais), ISEP, 2015.
- [74] F. J. G. Silva, Apontamentos para as aulas de Processos de Fabrico II (Instituto Superior de Engenharia do Porto), Porto, 2008.
- [75] F. J. G. Silva, *Tecnologia da Soldadura - Uma Abordagem Técnico-Didática*. Porto: Publindústria, Produção de Comunicação, Lda., 2014 (ISBN: 9789897230622).
- [76] K. G. Swift and J. D. Booker, *Process Selection - From design to manufacture*, 2003 (ISBN: 0 7506 5437 6).
- [77] D. V. Hutton, Fundamentals of Finite Element Analysis. Textbook. p. 494, 2004 (ISBN: 0072395362, ISSN: 1098-6596).
- [78] R. Campilho, Apontamentos das aulas da disciplina de Método de Elementos Finitos, *Instituto Superior de Engenharia do Porto*, 2016.
- [79] K.-H. Chang, Project S5 - Design with SolidWorks BT - Design Theory and Methods Using CAD/CAE. Boston: Academic Press, 2015, pp. 407–447 (ISBN: 978-0-12-398512-5).

- [80] A. Saxena and B. Sahay, *Computer Aided Engineering Design*. Springer, 2005 (ISBN: 1-4020-2555-6 (HB)).
- [81] L. M. Gómez-López, V. Miguel, A. Martínez, J. Coello, and A. Calatayud, Simulation and Modeling of Single Point Incremental Forming Processes within a Solidworks Environment. *Procedia Engineering*, vol. 63, pp. 632–641, 2013 (ISSN: 1877-7058).
- [82] G. Verma and M. Weber, *SolidWorks Simulation 2017 Black Book* (ISBN: 0995097488).
- [83] J. E. Akin, *Finite Element Analysis with Error Estimators*. Elsevier Butterworth, 2005 (ISBN: 0 7506 6722 2).
- [84] M. C. Lombard, *SolidWorks® 2011 Parts Bible*, no. Sesiones prácticas de SolidWorks Simulation. 2011 (ISBN: 9781118002759).
- [85] DIN 30722-1:2007-02, 2007.
- [86] T. L. BERGMAN, A. S. LAVINE, F. P. INCROPERA, and DAVID P. DEWITT, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 7th ed. 2007 (ISBN: 13 978-0470-50197-9).
- [87] Materials Information Resource - MatWeb. Obtido em 11 de abril de 2018 (<http://www.matweb.com/>).
- [88] P. Europeu, DIRECTIVA 2006/42/CE MÁQUINAS, vol. 2006, pp. 24–86, 2006.



# ANEXOS

6.1 ANEXO 1 - CARACTERÍSTICAS DAS DIMENSÕES E PESOS

6.2 ANEXO 2 - FIGURA DA NORMA DIN 30722

6.3 ANEXO 3 - ESPECIFICAÇÕES DO FABRICANTE DA VIATURA -  
VOLVO

6.4 ANEXO 4 - ESPECIFICAÇÕES DO FABRICANTE DO  
EQUIPAMENTO HOOKLIFT - ITALEV

6.5 ANEXO 5 - PLANO FINAL COM REPARTIÇÃO DE CARGAS

6.6 ANEXO 6 - ESQUEMA HIDRÁULICO

6.7 ANEXO 7 - MANUAL DE UTILIZADOR E DE MANUTENÇÃO  
COM DECLARAÇÃO CE

6.8 ANEXO 8 - DESENHOS DE DEFINIÇÃO DOS COMPONENTES  
E CONJUNTOS

6.9 ANEXO 9 - ORÇAMENTO DOS COMPONENTES E  
CONJUNTOS



## 6 ANEXOS

Nesta secção encontram-se os Anexos com informação complementar ao trabalho desenvolvido, sequenciado e numerado.

## 6.1 Anexo 1 - Características das dimensões e pesos [30]

A seguir apresentam-se as características das dimensões e pesos permitidos segundo o DL [32]

### 6.1.1 Dimensões máximas dos veículos para efeitos de circulação

As dimensões máximas dos veículos para circulação são as seguintes [31]:

1. Comprimento máximo:
  - a) Veículos a motor de dois ou mais eixos (com exceção dos automóveis pesados de passageiros): 12 m;
  - b) Reboques de um ou mais eixos: 12 m;
  - c) Automóveis pesados de passageiros com dois eixos: 13,5 m;
  - d) Automóveis pesados de passageiros com três ou mais eixos: 15 m;
  - e) Automóveis pesados de passageiros articulados: 18,75 m;
  - f) Conjunto veículo trator-semirreboque de três ou mais eixos: 16,5 m;
  - g) Conjunto veículo a motor-reboque: 18,75 m;
  - h) Comboios turísticos: 18,75 m.
2. Largura máxima dos veículos:
  - a) Qualquer veículo: 2,55 m;
  - b) Veículos de transporte condicionado: 2,6 m;
  - c) Máquinas com motor de propulsão ou rebocáveis: 3 m.
3. A altura máxima para qualquer veículo é de 4 m. Automóveis pesados de passageiros da classe I: 4,15 m;
4. Nas dimensões fixadas estão compreendidas as superestruturas amovíveis e os dispositivos de carga normalizados, como contentores.
5. Para além de outros limites legais, os semirreboques devem respeitar ainda o seguinte:
  - a) A distância máxima entre o eixo da cavilha de engate e a retaguarda do semirreboque é de 12 m;
  - b) A distância medida horizontalmente entre o eixo da cavilha de engate e qualquer ponto da dianteira dos semirreboques não deve ser superior a 2,04 m.
6. Nos conjuntos de veículos formados por um automóvel de mercadorias e um reboque, deve respeitar-se o seguinte:
  - a) A distância máxima medida paralelamente ao eixo longitudinal do conjunto veículo-reboque entre os pontos exteriores mais avançados da área de carga atrás da cabina e o ponto mais recuado do reboque do conjunto, diminuída da distância entre a retaguarda do veículo a motor e a parte dianteira do reboque, é de 15,65 m;
  - b) A distância máxima medida paralelamente ao eixo longitudinal do conjunto veículo-reboque entre os pontos exteriores mais avançados da área de carga atrás da cabina e o ponto mais recuado do reboque do conjunto, é de 16,4 m.
  - c) Se um automóvel pesado de passageiros tiver instalados quaisquer acessórios amovíveis, o comprimento do veículo, incluindo aqueles acessórios, não deve exceder o comprimento máximo fixado no ponto nº 1.

### 6.1.2 Peso bruto máximo dos veículos

O peso bruto máximo de veículos para efeitos de circulação, são:

1. Peso bruto máximo para veículos de:
  - a) Dois eixos: 19 t;
  - b) Três eixos: 26 t;
  - c) Quatro ou mais eixos: 32 t.
2. Peso bruto máximo para conjunto veículo trator-semirreboque de:
  - a) Três eixos: 29 t;
  - b) Quatro eixos: 38 t;
  - c) Cinco ou mais eixos: 40 t;
  - d) Cinco ou mais eixos, transportando dois contentores ISO de 20' ou um contentor ISO de 40': 44 t.
3. Peso bruto máximo para automóvel pesado de passageiros articulado de:
  - a) Três eixos: 28 t;
  - b) Quatro ou mais eixos: 32 t.
4. Peso bruto máximo para conjunto veículo a motor-reboque de:
  - a) Três eixos: 29 t;
  - b) Quatro eixos: 37 t;
  - c) Cinco ou mais eixos: 40 t;
  - d) Cinco ou mais eixos transportando dois contentores ISO de 20': 44 t.
5. Peso bruto máximo para reboques de:
  - a) Um eixo: 10 t;
  - b) Dois eixos: 18 t;
  - c) Três ou mais eixos: 24 t.
6. Com exceção dos reboques agrícolas, o peso bruto do reboque não pode ser superior a uma vez e meia o peso bruto do veículo trator.

### 6.1.3 Peso bruto máximo por eixo

O peso bruto máximo dos veículos para efeitos de circulação, são os seguintes:

1. Peso bruto máximo de um eixo simples:
  - a) Frente: 7,5 t;
  - b) Não motor: 10 t;
  - c) Motor: 12 t
2. No eixo duplo motor e não motor, os pesos brutos máximos relacionam-se com a correspondente distância entre eixos (DEE) da seguinte forma:
  - a) Se DEE for inferior a 1 m: 12 t;
  - b) Se DEE estiver situado entre 1 m e 1,29 m: 17 t;
  - c) Se DEE estiver situado entre 1,3 m e 1,79 m: 19 t;
  - d) Se d for igual ou superior a 1,8 m: 20 t.
3. No eixo triplo motor e não motor, o peso bruto máximo relaciona-se com a correspondente distância entre os dois eixos extremos (D) da seguinte forma:
  - a) Se D for inferior a 2,6 m: 21 t;
  - b) Se D for igual ou superior a 2,6 m: 24 t.

#### 6.1.4 Outras características relativas a dimensões e pesos

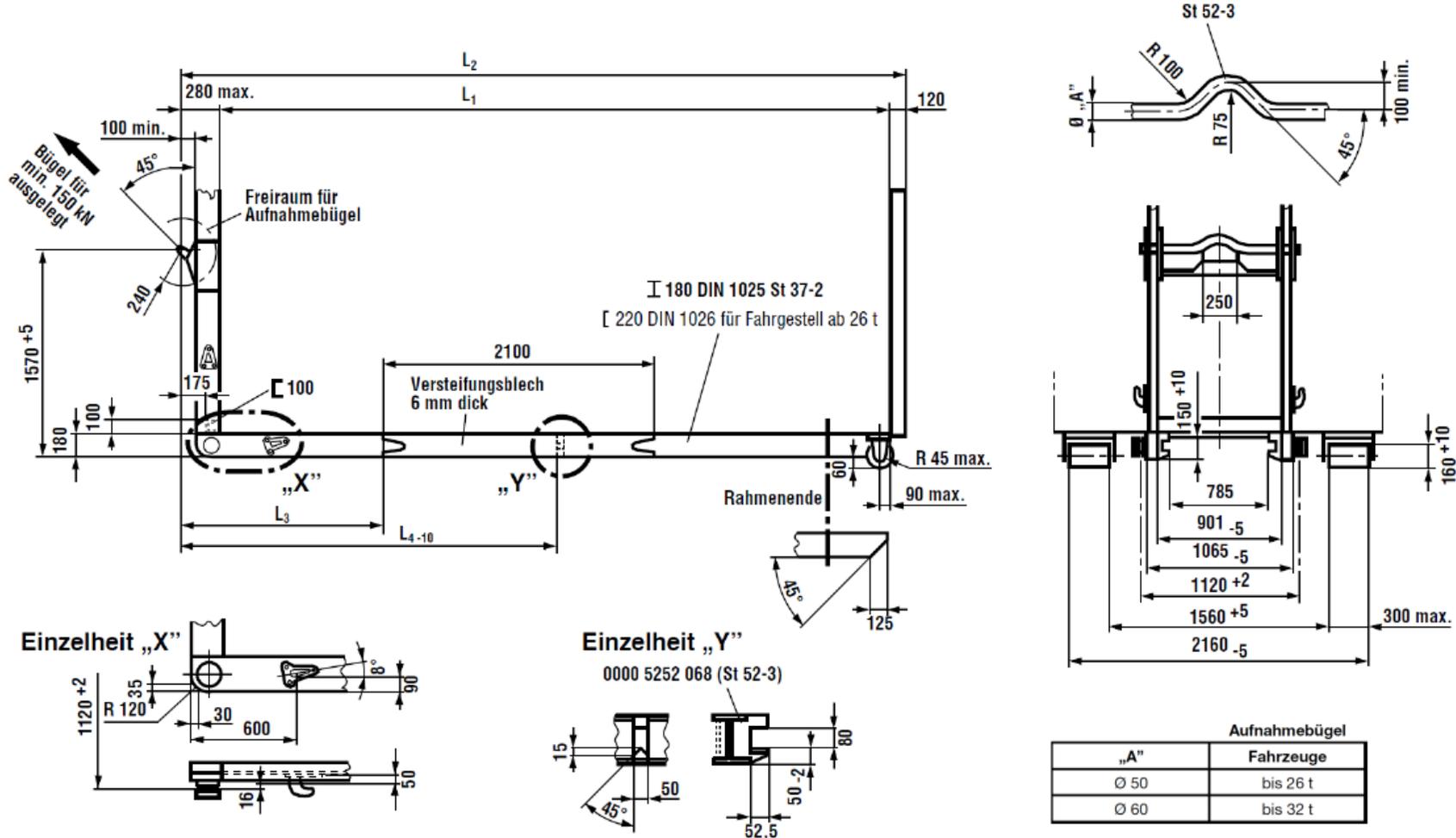
1. Nos conjuntos veículos a motor-reboque, com exceção dos formados por veículos a motor das categorias europeias M1, N1 ou tratores agrícolas, ou que incluam reboques das categorias europeias O1 ou O2, a distância entre o eixo da retaguarda do veículo a motor e o eixo da frente do reboque, não deve ser inferior a 3 m.
2. As caixas dos veículos a motor e seus reboques não podem prejudicar as suas condições de equilíbrio e estabilidade, e:
  - a) Nos automóveis pesados, a linha vertical que passa pelo centro de gravidade resultante da caixa, carga e passageiros, deve estar situada à frente do eixo da retaguarda e a uma distância deste não inferior a 5 % da distância entre eixos;
  - b) Nos automóveis ligeiros, basta que a linha referida na alínea anterior não fique situada atrás do eixo da retaguarda.
3. As caixas dos automóveis de mercadorias e dos pesados de passageiros só podem prolongar-se além do eixo da retaguarda até uma distância igual a dois terços da distância entre eixos, podendo, nos automóveis equipados com caixas especiais e mediante autorização do IMT, o mesmo limite ser excedido, sem prejuízo do disposto no número anterior.
4. Nos automóveis equipados com caixas especiais, nenhuma parte do veículo pode passar além de um plano vertical paralelo à face lateral do mesmo, e distando desta 1200 mm, quando o veículo descreve uma curva com o ângulo de viragem máximo das rodas diretrizes.
5. Por despacho do diretor-geral do IMT, são fixados os valores máximos que as caixas podem exceder relativamente à largura dos rodados mais largos.
6. Todos os acessórios móveis devem ser fixados de forma a evitar que, em caso de oscilação, passem além do contorno envolvente dos veículos.

#### 6.1.5 Outras características relativas a pesos

1. O peso bruto no eixo ou eixos motores de um veículo ou conjunto de veículos, não pode ser inferior a 25 % do peso bruto do veículo, ou conjunto de veículos.
2. O peso bruto que incide sobre o eixo da frente não pode ser inferior a 20 % ou 15 % do peso bruto total, conforme se trate, respetivamente, de veículos de um ou mais eixos à retaguarda.
3. O valor do peso bruto máximo, em toneladas, de um veículo a motor de quatro eixos, não pode exceder cinco vezes o valor da distância, em metros, entre os eixos extremos do veículo, exceto no caso dos veículos com caixa aberta ou betoneira.
4. Nos veículos ligeiros de mercadorias com quadro-cabina separados, após carroçamento, a carga útil não pode ser inferior a 10% do peso bruto.

6.2 Anexo 2 - Figura da norma DIN 30722

### DIN 30 722 Teil 1



### 6.3 Anexo 3 - Especificações do fabricante da viatura – Volvo

Volvo Order Information [http://vbi2.truck.volvo.com/cgi-bin/vbi\\_vehspec3.cgi?set\\_spec\\_from](http://vbi2.truck.volvo.com/cgi-bin/vbi_vehspec3.cgi?set_spec_from)

FMX 540 8x4 RÍGIDO		Volvo Group (Schweiz) AG XP2016000112 Transports Lopes S.A. Estepe / Nederlands
FO Número / Número OM 2050-62-30413 / 16230413		"Data deste ""print""" 2018-05-12
Número do chassis B-817613	Número VIN YV2XT60G2HB817613	
Montado semana 201710	Confirmed delivery day 2017122 (AAAASSD)	Planned arrival date
Alteração mais recente à encomenda 2017-09-07 (AAAA-MM-DD)		

#### Adequação ao cliente

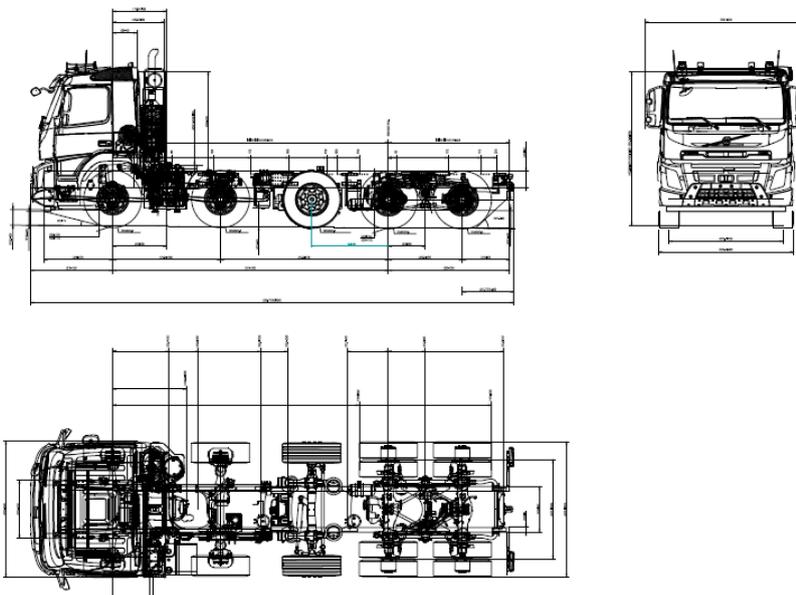
CA nº	Descrição	Change Description
S1067699	PA010 IN 1402GREE (*)	
PCA30098	<a href="#">Luzes led "strobe" montadas na barra de acessórios dianteira</a>	
S1044111	FAA20,RET-TH,FIL-EEEF (*)	<a href="#">Show</a>
S1047792	MAC,EXTRA FR AXLE,FAL10.0 (*)	<a href="#">Show</a>
S1054405	RAP8140,PDC-IF,FAA20 (*)	
S1065280	PCA30098 2 LED BEACON (*)	
S91420	<a href="#">GREEN TIBESTI CITROEN 400</a>	
S1044819	PREP. CH-PDD1 ESTEPE. (*)	
S1057469	MAC,EXTRA WHEELS,TMF-BRID (*)	
16B28617	RTO NUMBER	
S1044995	TFUEL090,FCAP-L AG RESTR. (*)	
PCA30086	<a href="#">Pré-instalação para camara de marcha-atrás BUPMON</a>	
S1044309	AUXPARK,BSYS-EBS,RADD-BR (*)	
S1065236	PCA30086,BACKUP CAM1 WIRE (*)	
S1054024	RET-TH,TRBRAKE,RAP8140 (*)	<a href="#">Show</a>
S1049288	MAC,PA-PAINT 1402G,S91082 (*)	<a href="#">Show</a>

(\*) IMPORTANTE: "Se a encomenda for executada com adequações ao cliente, a especificação final pode diferir da apresentada neste documento, pelo que se recomenda a sua verificação com o [suporte local](#) ou [TSSC](#)."

#### Informação referente a pesos

	Frente	Traseira	Total
Peso chassis calculado	7182 kg	2738 kg	9920 kg

NOTA: O peso de chassis calculado inclui óleo, água, 0 litros de combustível (a correção de combustível dá o peso adicional com depósitos cheios de 0 litros) e sem motorista. Os pesos podem variar +/- 3%.



6.4 Anexo 4 - Especificações do fabricante do sistema *Hooklift* – ITALEV



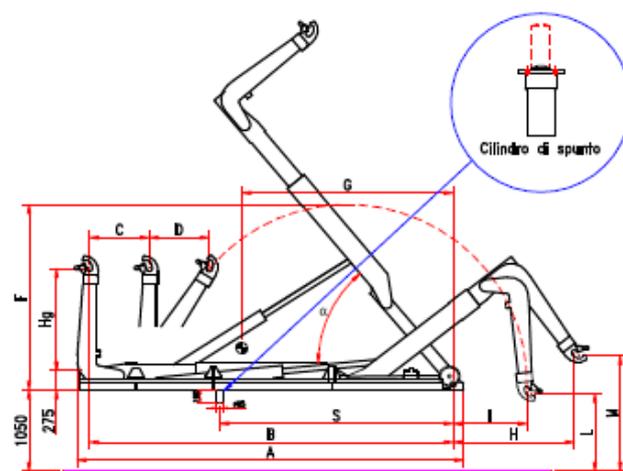
b.o.b. Sistemi Idraulici S.p.A.



COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
= ISO 9001/2000 =

**HOOKLIFT «ITK 30/7»**





Model	Hg	A	B	C	S	F	G	Weight	a	Container min. max.
ITK 30/7 NC	1.430/1.570	6.370	5.960	1.150	3.900	2.785	3.600	3.300 kg	55°	4.400 6.900
ITK 30/7 N	1.430/1.570	6.570	6.160	1.150	4.100	2.785	3.600	3.350 kg	52°	4.600 7.100
ITK 30/7 NL	1.430/1.570	6.770	6.360	1.150	4.300	2.785	3.750	3.400 kg	49°	4.800 7.300
ITK 30/7 L	1.430/1.570	6.960	6.550	1.150	4.500	2.785	3.900	3.450 kg	46°	5.000 7.500

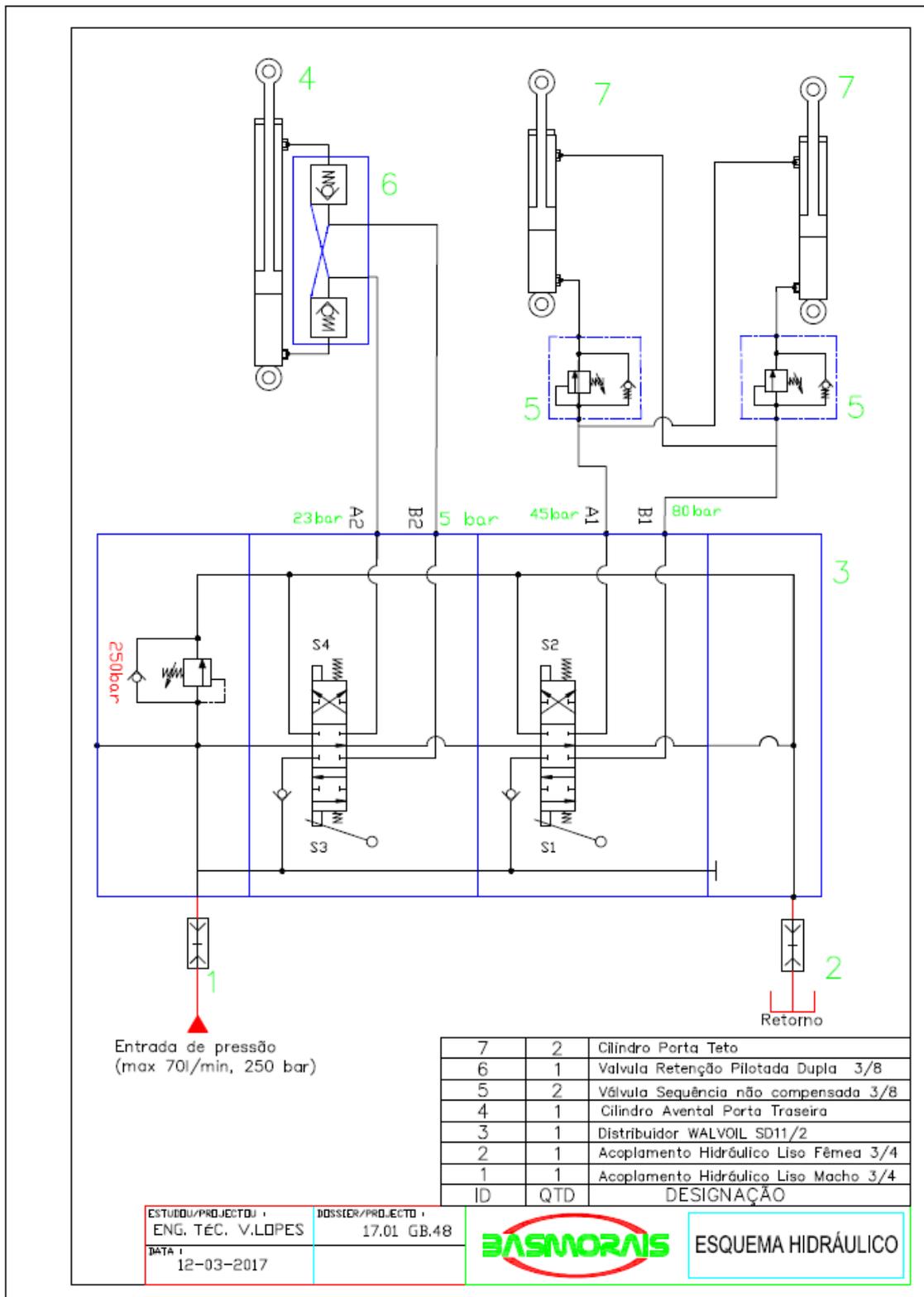
The technical details shown in this sheet are indicative and can be changed by the builder without prior notice.

**B.O.B. Sistemi Idraulici S.p.A.** – Regione Oltre Rea, 61 – 12060 Monchiero (CN) - Italia  
 P. I.V.A. 00496180043 - Tel.: +39 (0173) 780002/3 – Fax: +39 (0173) 780004  
 Internet: [www.bobspa.com](http://www.bobspa.com) - E-mail: [info@bobitalev.com](mailto:info@bobitalev.com)



## 6.6 Anexo 6 - Esquema Hidráulico

Neste Anexo apresenta-se o esquema hidráulico realizado para o contentor.



## 6.7 Anexo 7 - Manual de Utilizador e de Manutenção com declaração CE de conformidade

Neste anexo apresenta-se o manual de utilizador e de manutenção realizado para este contentor enviado juntamente com o conteúdo.



### 1. Índice

2. DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO:.....	3
3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS.....	4
4. OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO.....	4
5. INSTRUÇÕES DE SEGURANÇA E DE USO.....	5
6. ALERTAS ADICIONAIS COM ILUSTRAÇÕES.....	6
7. DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE.....	10

Obrigado por ter adquirido o produto com o nome de  
"CONTENTOR TÉRMICO REDONDO"

**⚠ ATENÇÃO!** Antes de usar o equipamento leia atentamente as normas de segurança e de instruções indicadas neste manual.

**O uso impróprio do equipamento pode ser perigoso, provocar graves danos e ocasionar acidentes ao operador bem como a pessoas ao redor e a objetos respetivamente!**

Conserve este manual em boas condições e tente sempre tê-lo perto, de modo a consulta-lo facilmente em caso de necessidade.

- ⚠ Este contentor é destinado ao transporte de asfalto betuminoso. Outros tipos de produtos podem danificar o equipamento. Se desejar transportar outro tipo de material contacte-nos para podermos avaliar a sua integridade e possíveis danos.
- ⚠ Não carregar o contentor para viatura com ele cheio! Para sua segurança e do equipamento este só pode ser carregado e descarregado em vazio para o sistema Ampliroll ou gancho porta contentores!
- ⚠ Em alguns locais do equipamento, estão localizados autocolantes com alertas! Tenha sempre muita atenção aos alertas localizados.

Exemplo de autocolantes:

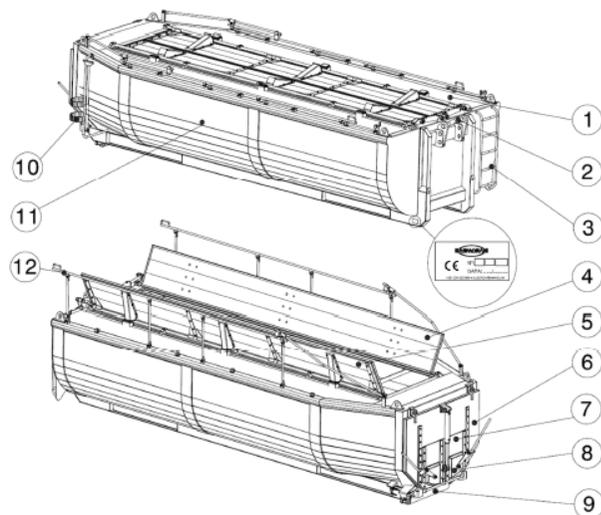


- ⚠ Sendo este produto classificado como uma quase-máquina, destina-se a ser exclusivamente utilizado noutra máquina designada por: Sistema Ampliroll ou Hooklift ou Gancho Porta Contentores ou Poli Basculante e **CERTIFIQUE-SE** de que esse equipamento cumpre a diretiva de máquinas (2006/42/CE) e que tenha marcação **CE**.

Basmorais, Fábrica de Carroçarias e Basculantes, Lda.

Página 2 de 10

## 2. DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO:



Nº	DESCRIÇÃO
1	PASSADIÇO
2	GANCHO DE ENGATE PARA SISTEMA AMPLIROLL
3	ESCADA DE ACESSO AO PASSADIÇO
4	PORTA SUPERIOR ESQ.
5	PORTA SUPERIOR DIR.
6	PORTA TRASEIRA
7	AVENTAL COM ABERTURA HIDRÁULICA
8	PORTINHOLAS MANUAIS
9	ROLO DE APOIO TRASEIRO
1	SUPORTE BOMBA E PÁ
11	CAIXA MONOCOQUE
12	VARANDIM DE ACESSO COM SEGURANÇA

Existe uma chapa de identificação do produto, situada no lado direito/frente da longarina principal do contentor, com indicação do Número de série e a data de fabrico como ilustrado na figura anterior

## 3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

CAPACIDADE MÁXIMA DE CARGA	PESO BRUTO ADMISSÍVEL MENOS A TARA DA VIATURA (ATENÇÃO! É ESTRITAMENTE DESACONSELHADO ULTRAPASSAR O PESO BRUTO ADMISSÍVEL POR LEI DO VEÍCULO. Não nos responsabilizamos por quaisquer danos derivados de carga excessiva)		
CAPACIDADE DE CARGA VOLÚMICA DO CONTENTOR TÉRMICO REDONDNO	VOLUME [m <sup>3</sup> ]	VERSÃO	TARA [kg]
	16,8	6950	3250
	15,5	6450	3075
	14,2	5950	2900
	12,9	5450	2730

### Óleo recomendado:

A	B	C	D	E
154	- 18 °C	10	2,6	97
208	- 10 °C	22	4,4	105
207	0 °C	32	5,5	109
223	+ 5 °C	46	7,0	106
239	+ 10 °C	68	8,8	103

### LEGENDA:

A – ponto de inflamação, °C

B – temperatura mínima de início de trabalho, viscosidade 4002 mm<sup>2</sup>/s

C – classificação ISO VG e viscosidade cinemática a 40 °C, mm<sup>2</sup>/s

D – viscosidade cinemática a 100 °C, mm<sup>2</sup>/s

E – índice de viscosidade

### Óleo hidráulico utilizado na montagem de origem GALP HIDROLEP 32

## 4. OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO

Neste equipamento existem vários pontos de lubrificação, sendo necessária verificação semanalmente e aplicação de massa lubrificante em todos os copos de lubrificação.

Verifique regularmente o estado das válvulas de segurança e antirretorno dos cilindros hidráulicos, o estado dos tubos e mangueiras flexíveis bem como as condições gerais do equipamento. Caso verifique alguma anomalia, PARE o equipamento para revisão e, contacte um técnico qualificado.

Verifique o desgaste do gancho frontal sempre que efetuar um carregamento. Pois se o gancho estiver com elevado desgaste, pode haver queda do equipamento e provocar graves danos. Este contentor está equipado com sistema de gancho de fácil substituição. Contacte-nos para fornecimento do mesmo caso necessário.

Qualquer questão relativamente ao funcionamento e manutenção do equipamento não hesite em entrar em contato com a Basmorais (+351 234 523 888).

### 5. INSTRUÇÕES DE SEGURANÇA E DE USO

 Este símbolo indica que o equipamento pode ser perigoso e causar danos graves ao utilizador e ou pessoas ao redor, quando não respeitadas as instruções de segurança. Para Garantir a segurança, por favor leia com atenção todas as seguintes instruções:

- a) Use equipamentos de segurança e proteção individual nos ambientes de operação tais como; luvas, óculos de proteção, capacete, calçado adequado, tampões nos ouvidos, entre outros disponíveis no mercado;
- b) O uso deste equipamento é proibido para quem não leu e não percebeu as instruções deste manual e ou não está parcialmente treinado e ou não está em boas condições de saúde para poder operar o equipamento de forma segura;
- c) Este equipamento está destinado para o transporte de asfalto betuminoso.
- d) Nunca exceda o peso bruto admissível do veículo associado;
- e) A carga deve estar sempre distribuída pela caixa;
- f) Nunca exceda a carga acima do teto e ou do volume indicado, pois o asfalto betuminoso normalmente está muito quente (a cima dos 150 °C) e se transbordar pode queimar-se e ou queimar terceiros e ou danificar o equipamento;
- g) Antes de operar qualquer função e utilizar o equipamento, verifique a integridade de todas as peças;
- h) Antes de arrancar com a viatura, verifique sempre se as portas superiores e porta traseira, bem como avental e as portinholas estão bem fechadas. NUNCA circule com a viatura se algum destes componentes estiver no modo de abertura!
- i) Antes de arrancar com a viatura, verifique sempre se o varandim de acesso com segurança está para baixo e não para cima! NUNCA circule com a viatura com os varandins abertos, ou seja levantados;
- j) Delimite SEMPRE uma área de segurança de operação;
- k) Nunca abandone uma operação antes de a concluir;
- l) Nunca se posicione por trás do contentor quando estiver a descarregar material mesmo quando utilizar as portinholas pequenas mantenha-se sempre pela lateral do contentor;
- m) Nunca se posicione por trás da caixa na operação de basculamento devido à queda e projeção da carga;
- n) Nunca opere com o contentor sem verificar se a viatura esteja num local nivelado. Se estiver em qualquer terreno inclinado **NÃO** efetue nenhuma operação devido ao risco de viragem! (ver na secção seguinte esquema adicional);
- o) Antes de abrir as portas do teto verifique **SEMPRE** se a viatura está devidamente na horizontal, se não está inclinada e se ninguém encontra-se sobre o passadiço;
- p) Tenha muita atenção ao abrir a porta traseira e ao operar o avental da porta traseira bem como as portinholas pois existe risco de corte.
- q) Antes de retirar o contentor do equipamento de gancho porta contentores, verifique sempre se as mangueiras de óleo de alimentação e retorno estão desconectadas.

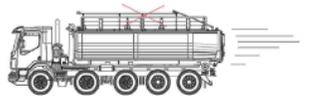
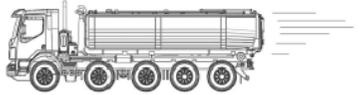
### 6. ALERTAS ADICIONAIS COM ILUSTRAÇÕES

	Este símbolo significa <b>incorreto</b> , indica a utilização que <b>NÃO</b> pode ser realizada!
	Este símbolo significa <b>correto</b> , indica a utilização correta que deve ser realizada.

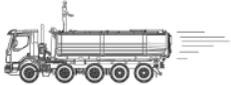
#### ALERTA COM RISCO DE NÃO CARREGAR O CONTENTOR PARA VIATURA COM ELE CHEIO! PARA SUA SEGURANÇA E DO EQUIPAMENTO ESTE SÓ PODE SER CARREGADO E DESCARREGADO PARA EQUIPAMENTO AMPLIROLL EM VAZIO!

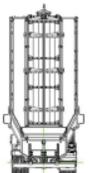
#### ALERTA COM RISCO DE NÃO CIRCULAR COM A VIATURA QUANDO O EQUIPAMENTO ESTÁ BASCULADO E OU VARANDIM / PORTAS ABERTAS

**ALERTA COM OPERAÇÃO DE MANUTENTÃO AO SUBIR PARA O PASSADIÇO**

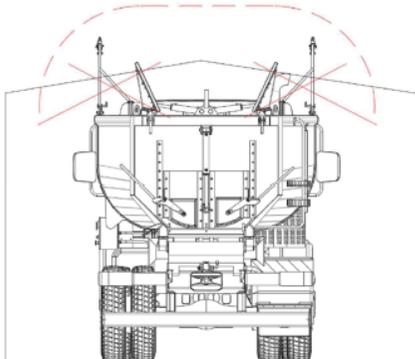
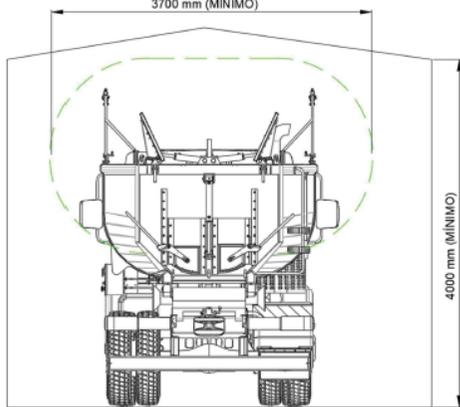
		
		

**ALERTA COM O RISCO DE VIRAGEM DURANTE BASCULAMENTO – VERIFICAR SEMPRE SE O VEÍCULO ESTÁ EM SOLO HORIZONTAL E SE NÃO ESTÁ EM UMA SUBIDA NEM EM UMA DESCIDA OU INCLINADO**

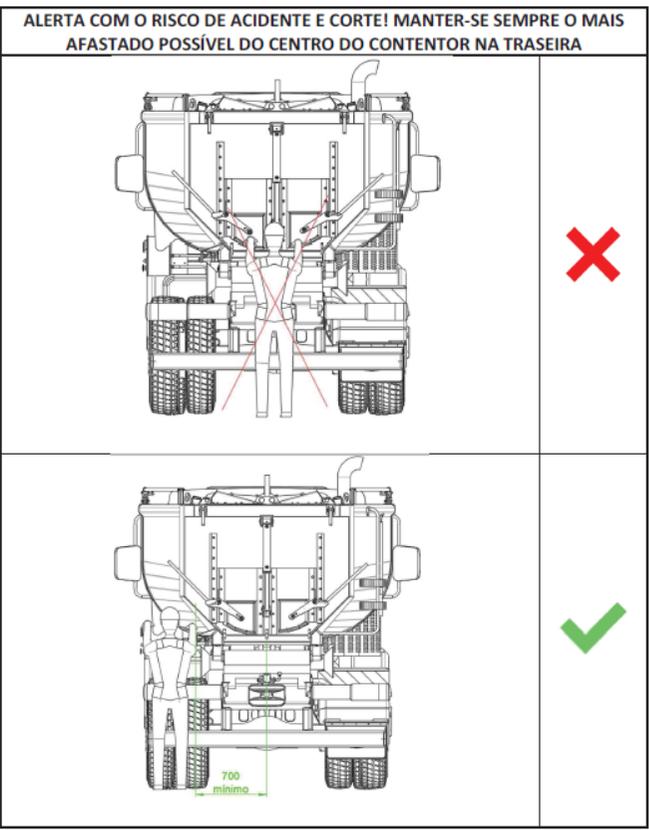
Basmorais, Fábrica de Carroçarias e Basculantes, Lda. Página 7 de 10

**ALERTA COM ABERTURA E FECHO DAS PORTAS SUPERIORES E ÁREA LIMITE**

Basmorais, Fábrica de Carroçarias e Basculantes, Lda. Página 8 de 10

**ALERTA COM O RISCO DE ACIDENTE E CORTE! MANTER-SE SEMPRE O MAIS AFASTADO POSSÍVEL DO CENTRO DO CONTENTOR NA TRASEIRA**



Basmorais, Fábrica de Carroçarias e Basculantes, Lda. Página 9 de 10

## 7. DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE

DECLARAÇÃO  DE CONFORMIDADE

DIRETIVA Nº 2006/42/CE

A empresa:

**Basmorais, Fábrica de Carroçarias e Basculante Lda.**  
Estrada Nacional 1  
Apartado 139 – AREEIROS  
3854-909 ALBERGARIA-A-VELHA

Declara que:

A fabricação e montagem do equipamento quase-máquina:

Tipo	Contentor
Modelo	Térmico Redondo (Versão: A 6450)
Nº de Fabricação	30 000 816
Capacidade	15,5 m <sup>3</sup>
Ano de fabrico	2017

Peso Bruto	Consoante veículo com sistema de gancho porta contentores
------------	---

Sendo este produto classificado como uma quase-máquina, destina-se a ser exclusivamente utilizado noutra máquina designada por: Sistema Ampliroll ou Hooklift ou Gancho Porta Contentores ou Poli Basculante. **CERTIFIQUE-SE** de que esse equipamento cumpre a diretiva de máquinas (2006/42/CE)

está conforme a diretiva da Comunidade Europeia, 2006/42/CE relativa à segurança de máquinas.

Albergaria-a-Velha, 11 de julho de 2017

Ass.: Vinicius Lopes

Carimbo da empresa

Eng. Técnico Paulo Vinicius Lopes, Membro efectivo da OET com nº 25906, responsável técnico e autorizado pela Basmorais – Fáb. De Carroçarias e Basculantes, Lda. a assinar este certificado.

Basmorais, Fábrica de Carroçarias e Basculantes, Lda.

Página 10 de 10

### 6.8 Anexo 8 - Desenhos de definição dos componentes e conjuntos

Todos os desenhos do projeto do contentor desenvolvido encontram-se disponibilizados em suporte digital, num CD que acompanha este trabalho.

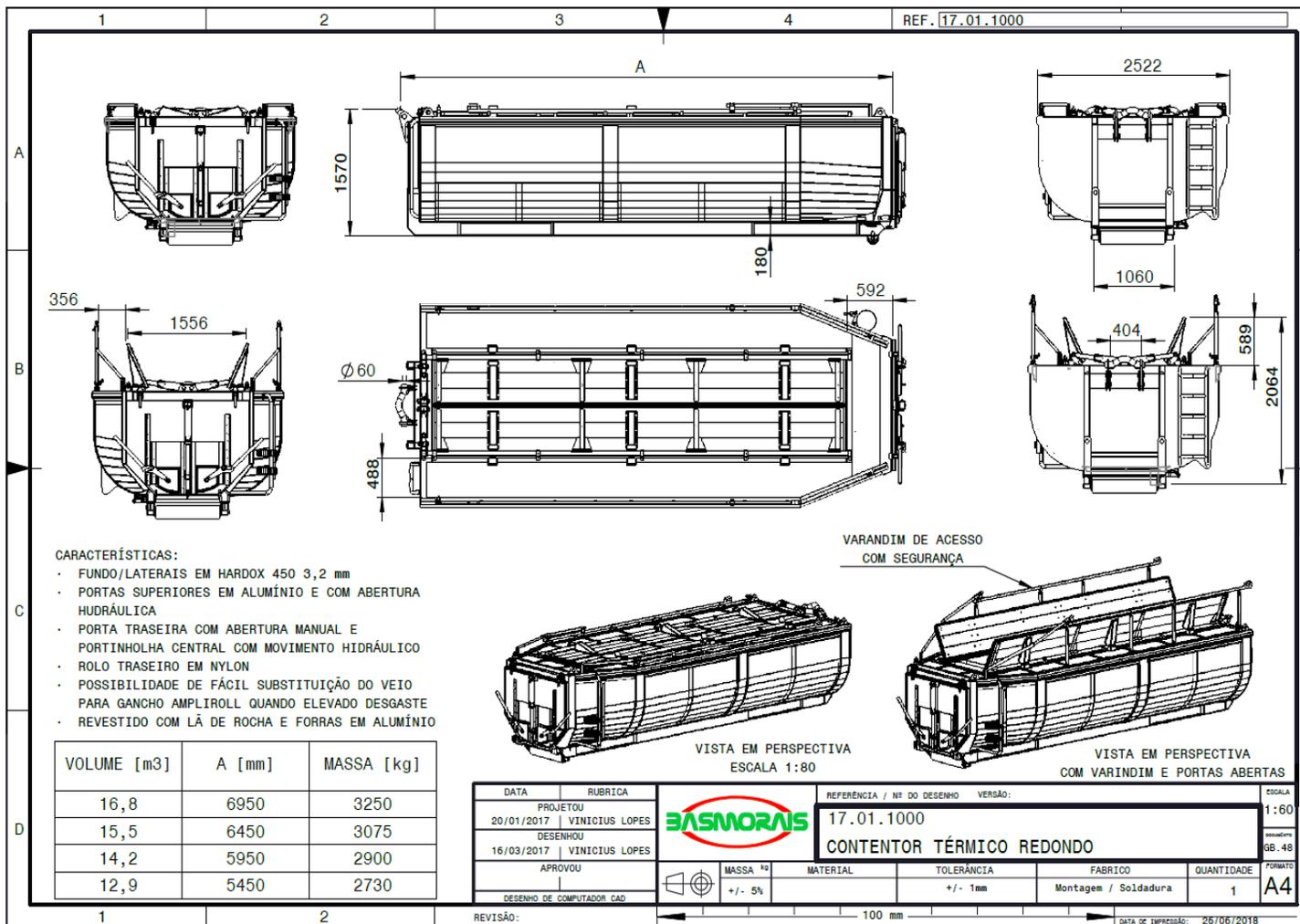


Figura 140 - Desenho final do contentor térmico com referência das configurações projetadas

## 6.9 Anexo 9 - Orçamento dos componentes e conjuntos

NÍVEL	REFERÊNCIA   DESIGNAÇÃO	VERSÃO	Q.	PROCESSOS DE FABRICO	Material	PESO UN. (kg)	PREÇO MATÉRIA PRIMA UN.(€)	PREÇO: PEÇA DE COMPRA UN. (€)	TEMPO PROCESSAMENTO EM HORAS POR UNIDADE							PREÇO FINAL UN.	PREÇO FINAL Q.
									Corte Automático	Corte Guilhotina	Quinagem	Corte Serrote	Torneamento	Serralharia	Montagem /Soldadura		
1	17.01.1000.SLDASM	A 6450	1	Montagem / Soldadura		3075									25	355,11	355,11
2	17.01.2008.CHASSIS AMPLIROLL.SLDASM	A 6450	1	Montagem / Soldadura		526,77									20	484,09	484,09
	17.01.3064.UPN 180.SLDPRT	A	1	Corte Serrote	ST 37-2 (S235JR)	23,77	14,26				15/60					18,69	18,69
	17.01.3065.IPN 180.SLDPRT	A 6450	2	Corte Serrote e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	134,32	80,59				30/60		30/60			100,55	201,09
	17.01.3066.ESPELHO SUPORTE ROLO.SLDPRT	Default	2	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	2,70	1,62	10/60								15,68	31,36
	17.01.13.00000759.SLDPRT	Default	1	Corte Guilhotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	11,04	6,62			5/60	10/60					13,93	13,93
	17.01.3087.ROLO.SLDPRT	Default	1	Torneamento	Nylon® PA 6	16,04	105,86					30/60				122,97	122,97
	17.01.13.00000777.SLDPRT	Default	2	Corte Automático e Quinagem	HARDOX 450	6,82	12,69	10/60			5/60					29,15	58,31
	17.01.13.00000778.SLDPRT	Default	2	Corte Automático e Quinagem	HARDOX 450	4,18	7,77	8/60			5/60					21,44	42,87
	17.01.13.00000812.SLDPRT	Default	2	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	0,71	0,43	3/60			2/60					5,61	11,22
	17.01.13.00000813.SLDPRT	Default	2	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	0,70	0,42	3/60			2/60					5,60	11,21
	17.01.13.00000814.SLDPRT	A 6450	2	Corte Automático e Quinagem	HARDOX 450	17,44	32,44	20/60			5/60					62,94	125,88
	17.01.3023.CASQUILHO ROLO NYLON.SLDPRT	A	2	Corte Serrote e Torneamento	ST 52 (S355)	0,63	0,42				5/60	20/60				13,29	26,59
	17.01.3070.REFORÇO TRASEIRO LONGARINA.SLDPRT	A	1	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	2,28	1,37	8/60			5/60					15,03	15,03
	17.01.3070.REFORÇO TRASEIRO LONGARINA.SLDPRT	B	1	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	2,28	1,37	8/60			5/60					15,03	15,03
	17.01.3070.REFORÇO TRASEIRO LONGARINA.SLDPRT	A.2	1	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	2,15	1,29	8/60			5/60					14,95	14,95

17.01.3070.REFORÇO TRASEIRO LONGARINA.SLDPR	B.2	1	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	2,15	1,29	8/60	5/60						14,95	14,95
17.01.23.00000422.SLDPR	Default	1	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	0,07	0,04	3/60							4,25	4,25
<b>3</b> 17.01.2009.ESTRUTURA GANCHO.SLDASM	<b>A</b>	<b>1</b>	<b>Montagem / Soldadura</b>		<b>128,67</b>								<b>3</b>	<b>72,61</b>	<b>72,61</b>
17.01.3064.UPN 180.SLDPR	B	1	Corte Serrote	ST 37-2 (S235JR)	20,60	12,36				15/60				16,79	16,79
17.01.3065.UPN 160 FRENTE.SLDPR	Default	2	Corte Serrote	ST 37-2 (S235JR)	29,52	17,71				18/60				23,02	46,05
17.01.3067.VEIO GANCHO.SLDPR		1	Corte Serrote e Serralharia	ST 52 (S355)	13,06	8,62				5/60		15/60		15,65	15,65
17.01.3069.REFORÇO GANCHO.SLDPR	Default	2	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	0,33	0,20	10/60							14,23	28,46
17.01.3101.ESPELHO MANCAL GANCHO.SLDPR	A	4	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	3,67	2,20	20/60							30,27	121,08
17.01.3102.BRINCO GANCHO.SLDPR	A	2	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	8,63	5,18	20/60							33,25	66,49
17.01.3068.CAVILHA GANCHO AMOVÍVEL.SLDPR	A	4	Torneamento	ST 52 (S355)	0,83	0,55				15/60				9,10	36,40
17.01.4001.CAVILHA ELÁSTICA D06 DIN 1481 - ISO 8752.SLDPR	14812 6 60- mattss ns	4	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,01		0,06							0,06	0,24
17.01.22.00000062.SLDASM	A	1	Montagem / Soldadura		8,61					5/60			2,02	2,02	2,02
17.01.23.00000202.SLDPR	A	1	Corte Serrote e Torneamento	ST 52 (S355)	8,29	5,47				3/60		10/60		10,39	10,39
17.01.23.00000021.SLDPR	DEF1	1	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	0,23	0,14	2/60							2,94	2,94
ANILHA DIN 1052 (d1) 13 (d2) 49	1052-	1	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,01		0,08							0,08	0,08
PARAFUSO ISSO 4017 M10X30 PASSO 1,25	0933	1	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,03		0,40							0,40	0,40
<b>2</b> 17.01.2001.SLDASM	<b>A 6450 15,5 m3</b>	<b>1</b>	<b>Montagem / Soldadura</b>		<b>2549</b>							<b>120</b>	<b>2904,55</b>	<b>2904,55</b>	<b>2904,55</b>
17.01.3001.LATERAL.SLDPR	A 6450	2	Corte Automático e Quinagem	HARDOX 450	214,65	399,25	20/60		20/60					437,05	874,10
17.01.3001.LATERAL CÓNICA.SLDPR	A	2	Corte Automático e Quinagem	HARDOX 450	60,23	112,03	15/60		15/60					140,38	280,76

17.01.3002.ALMOFADA FORRA FRENTE.SLDPRT	A	1	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	111,37	66,82		15/60		10/60				92,74	92,74
17.01.3002.ALMOFADA FRENTE INTERIOR.SLDPRT	A	1	Corte Automático e Quinagem	HARDOX 450	69,36	129,01		12/60		5/60				148,28	148,28
17.01.3003.MOLDURA.SLDPRT	A.2 6450	1	Corte Guilhotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	52,18	31,31			15/60	20/60			5/60	50,19	50,19
17.01.3003.MOLDURA.SLDPRT	A 6450	1	Corte Guilhotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	52,18	31,31			15/60	20/60			5/60	50,19	50,19
17.01.3003.MOLDURA.SLDPRT	B	2	Corte Guilhotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	11,72	7,03			10/60	15/60			5/60	21,05	42,10
17.01.3004.ALMOFADA PASSADIÇO.SLDPRT	A 6450	2	Corte Guilhotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	91,05	54,63			10/60	10/60				64,36	128,73
17.01.3005.ALMOFADA PASSADIÇO CONE.SLDPRT	A	2	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	19,34	11,60		10/60						25,64	51,28
17.01.3006.ALMOFADA PASSADIÇO TRASEIRA.SLDPRT	A	1	Corte Guilhotina	ST 37-2 (S235JR)	10,32	6,19			10/60					11,06	11,06
17.01.3007.LONGARINA PASSADIÇO.SLDPRT	A 6450	2	Corte Guilhotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	38,21	22,93			12/60	10/60				33,63	67,27
17.01.3007.LONGARINA PASSADIÇO.SLDPRT	B	1	Corte Guilhotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	11,73	7,04			5/60	10/60			10/60	18,04	18,04
17.01.3008.PRUMO.SLDPRT	B	6	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	14,32	8,59		10/60		5/60				25,06	150,36
17.01.3008.COLUNA.SLDPRT	B	4	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	7,45	4,47		8/60		5/60				18,13	72,52
17.01.3008.COLUNA.SLDPRT	D	8	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	1,82	1,09			3/60	12/60				8,39	67,15
17.01.3009.COLUNA TRASEIRA 1.SLDPRT	A	2	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	14,68	8,81		10/60		10/60				27,71	55,42
17.01.3010.CALHA.SLDPRT	A 6450	8	Corte Guilhotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	2,93	1,76			5/60	5/60			8/60	9,59	76,69
17.01.3010.CALHA TRANSVERSAL FUNDO.SLDPRT	B	3	Corte Guilhotina, Quinagem e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	3,57	2,14			5/60	5/60			8/60	9,97	29,91
17.01.3011.TRAVESSA PORTA TRASEIRA.SLDPRT	A	1	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	21,32	12,79		8/60		10/60				28,89	28,89
17.01.3048.TRAVESSA TRASEIRA.SLDPRT	A	1	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	10,01	6,01		8/60		5/60				19,67	19,67
17.01.3013.LONGARINA LASTRO.SLDPRT	A 6450	1	Corte Guilhotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	40,86	24,52			15/60	10/60			10/60	40,39	40,39
17.01.3013.LONGARINA LASTRO.SLDPRT	B 6450	1	Corte Guilhotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	40,86	24,52			15/60	10/60			10/60	40,39	40,39

17.01.3071.REMATE TRASEIRA INTERIOR [AMPLIROLL].SLDPRT	A	2	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	1,23	0,74		3/60							4,95	9,90
17.01.3072.REMATE TRASEIRA CALHA [AMPLIROLL].SLDPRT	A	2	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	2,00	1,20		3/60							5,41	10,82
17.01.3075.TRAVESSA PASSADIÇO.SLDPR	A	14	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	1,39	0,83		5/60		8/60					11,74	164,43
17.01.3075.TRAVESSA PASSADIÇO.SLDPR	B	4	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	1,39	0,83		5/60		8/60					11,74	46,98
17.01.3076.BARRA TETO.SLDPR	A	3	Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	11,20	6,72							8/60		9,68	29,04
17.01.3076.BARRA TETO.SLDPR	B	6	Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	2,61	1,57							5/60		3,42	20,50
17.01.3077.REMATE ISOLAMENTO PORTA TETO.SLDPR	A 6450	8	Corte Guilhotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	1,91	1,15			3/60	5/60					5,04	40,32
17.01.3044.GANCHO SUPORTE.SLDPR	A	2	Corte Automático e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	0,62	0,37		6/60					3/60		9,90	19,81
17.01.3045.CORPO SUPORTE.SLDPR	A	1	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	2,37	1,42		5/60		2/60					9,41	9,41
17.01.3052.REFORÇO CORPO SUPORTE.SLDPR	A	1	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	0,50	0,30		3/60		2/60					5,48	5,48
17.01.3047.CORPO APOIO GANCHO.SLDPR	A	2	Corte Guilhotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	0,19	0,19			3/60	2/60					2,62	5,25
17.01.3049.REFORÇO.SLDPR	A	2	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	0,10	0,06		3/60							4,27	8,54
17.01.3050.REMATE REFORÇO.SLDPR	A	1	Corte Guilhotina	ST 37-2 (S235JR)	0,32	0,19			5/60						2,63	2,63
17.01.3051.REMATE REFORÇO 2.SLDPR	A	1	Corte Guilhotina	ST 37-2 (S235JR)	0,26	0,16			5/60						2,59	2,59
17.01.3053.TAMPA BASE.SLDPR	A	1	Corte Guilhotina	ST 37-2 (S235JR)	1,24	0,74		8/60							11,97	11,97
17.01.3055.CORPO BASE.SLDPR	A	1	Corte Guilhotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	0,83	0,50			8/60	3/60					5,85	5,85
17.01.3108.BASE FECHO MANUAL.SLDPR	A	1	Corte Guilhotina	ST 37-2 (S235JR)	0,49	0,29			5/60						2,73	2,73
17.01.3078.BIELA VEIO PORTA TETO.SLDPR	A	4	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	0,97	0,58		5/60							7,60	30,40
17.01.3020.ESPELHO MANCAL CLINDRO.SLDPR	A	2	Corte Automático e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	1,61	0,97		4/60					5/60		8,43	16,86
PORCA M30 AUTOBLOCANTE DIN 982 ISO 7040.SLDPR	6924	4	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA		0,00		1,62							1,62	6,48

	PARAFUSO HEX. M30X50 L150 DIN 931 ISO 4014.SLDPRT	0931	2	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,00	2,10									2,10	4,20
	PARAFUSO HEX. M30X70 L120 DIN 931 ISO 4014.SLDPRT	0931	2	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,00	1,98									1,98	3,96
	17.01.3063.ENCAIXE.SLDPRT	A	1	Corte Guilhotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	0,07	0,04			3/60	3/60					2,96	2,96
	17.01.3079.FORRA PASSADIÇO LATERAL.SLDPRT	A 6450	2	Corte Guilhotina	ALU	18,77	65,70			10/60						70,56	141,12
	17.01.3080.FORRA PASSADIÇO TRASEIRA.SLDPRT	A	1	Corte Guilhotina	ALU	4,70	16,45			6/60						19,37	19,37
	17.01.3081.FORRA LATERAL.SLDPRT	A 6450	4	Corte Guilhotina e Quinagem	ALU	26,71	93,49			10/60	15/60					105,65	422,61
	17.01.3082.FORRA TRASEIRA CÔNICA.SLDPRT	A	2	Corte Automático e Quinagem	ALU	12,60	44,10		15/60		10/60					70,02	140,04
	17.01.3083.FORRA FUNDO.SLDPRT	A 6450	1	Corte Guilhotina	ALU	41,93	146,76			8/60						150,65	150,65
3	17.01.12.00000139.SLDASM	A	2	Montagem / Soldadura		1,93								10/60		4,03	8,07
4	17.01.13.00000805.SLDPRT	B	2	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	0,90	0,54		2/60		2/60					4,32	8,64
	17.01.13.00000801.SLDPRT	A	4	Corte Automático e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	0,37	0,22		3/60				4/60			5,91	23,65
	17.01.3054.CAVILHA ROTAÇÃO PORTA.SLDPRT	A	2	Corte Serrote e Torneamento	ST 52 (S355)	0,27	0,18				5/60	10/60				7,35	14,71
	ANEL ELÁSTICO d25 DIN 471	04712	4	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,00	0,15									0,15	0,60
	ANILHA d25 DIN 9021	01254H	4	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,00	0,08									0,08	0,32
3	17.01.2003.PORTA.SLDASM	A	1	Montagem / Soldadura		255,52								5		121,02	121,02
4	17.01.3016.BARRA 50X10.SLDPRT	Default	2	Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	4,12	2,47						20/60			9,87	19,75
	17.01.3016.BARRA 50X10.SLDPRT	A	2	Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	3,44	2,06						20/60			9,47	18,93
	17.01.3016.BARRA 50X10.SLDPRT	B	4	Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	3,06	1,84						16/60			7,76	31,03
	17.01.3016.BARRA 50X10.SLDPRT	B.2	4	Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	2,50	1,50						16/60			7,42	29,68
	17.01.3017.AVENTAL.SLDPRT	A	1	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	38,64	23,18		12/60							40,02	40,02

17.01.3018.GANCHO AVENTAL.SLDPRT	A	3	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	0,51	0,31		5/60						7,32	21,97
17.01.13.00000802.SLDPRT	A	2	Corte Automático e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	1,26	0,76		8/60				10/60		15,68	31,37
17.01.00001201.SLDPRT	Default	2	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	0,59	0,35		5/60				6/60		9,59	19,18
17.01.13.00000809.SLDPRT	A	2	Torneamento	ST 52 (S355)	0,18	0,12				3/60	8/60			5,56	11,13
17.01.13.00000811.SLDPRT	A	2	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	1,96	1,18		8/60						12,40	24,81
17.01.3024.TUBO PORTINHOLA.SLDPRT	A	2	Corte Serrrote	ST 37-2 (S235JR)	0,54	0,32				4/60				1,50	3,01
COPO DE LUBRIFICAÇÃO (GRACÉ) M8 DIN 71412.SLDPRT	Default	2	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA		0,00	0,25							0,25	0,50
17.01.C3.00000143.SLDPRT	Default	2	Peça de Compra	AÇO-LIGA		0,00	1,00							1,00	2,00
PORCA EN 1663 20-M16 CLASE 8 COM AUTOBLOCANTE.SLDPRT	6926W8 16 G- mattssos	6	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA		0,00	0,40							0,40	2,40
PARAFUSO ISO 4017 M10X25 PASSO 1,25.SLDPRT	093108I	54	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA		0,00	0,18							0,18	9,72
ANILHA D10.SLDPRT	1440	36	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA		0,00	0,08							0,08	2,88
17.01.3025.BARRA 10X50.SLDPRT	A	1	Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	3,40	2,04						3/60		3,15	3,15
17.01.23.00000422.SLDPRT	Default	1	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	0,07	0,04		3/60						4,25	4,25
17.01.3105.REFORÇO.SLDPRT	A	2	Corte Guilhotina	ST 37-2 (S235JR)	0,18	0,11		3/60						4,32	8,64
17.01.2002.ALMOFADA PORTA.SLDASM	A	1	Montagem / Soldadura		122,01							3		72,61	72,61
17.01.3012.ALMOFADA PORTA.SLDPRT	A	2	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	47,72	28,63		10/60						42,67	85,33
17.01.3014.REMATE ALMOFADA PORTA.SLDPRT	A	1	Corte Guilhotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	2,04	1,22			3/60	5/60				5,12	5,12
17.01.3019.TUBO ARO PORTA.SLDPRT	A	1	Corte Serrrote	ST 37-2 (S235JR)	5,35	3,21					5/60			4,69	4,69
17.01.3019.TUBO ARO PORTA.SLDPRT	B	2	Corte Serrrote	ST 37-2 (S235JR)	5,35	3,21					5/60			4,69	9,37

17.01.3019.TUBO ARO PORTA.SLDPRT	C	2	Corte Serrote	ST 37-2 (S235JR)	5,35	3,21					5/60				4,69	9,37
17.01.3019.TUBO ARO PORTA.SLDPRT	D	1	Corte Serrote	ST 37-2 (S235JR)	5,35	3,21					5/60				4,69	4,69
17.01.3019.TUBO ARO PORTA.SLDPRT	E	1	Corte Serrote	ST 37-2 (S235JR)	5,35	3,21					5/60				4,69	4,69
17.01.3019.TUBO ARO PORTA.SLDPRT	F	1	Corte Serrote	ST 37-2 (S235JR)	5,35	3,21					5/60				4,69	4,69
17.01.12.00000139.SLDASM	B	1	Montagem / Soldadura		2,50								10/60		4,03	4,03
17.01.13.00000805.SLDPRT	A	1	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	1,35	0,81		2/60		2/60					4,59	4,59
17.01.13.00000801.SLDPRT	B	1	Corte Automático e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	0,54	0,32		4/60					3/60		7,05	7,05
17.01.13.00000801.SLDPRT	C	1	Corte Automático e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	0,54	0,32		4/60					3/60		7,05	7,05
17.01.23.00000422.SLDPRT	Default	1	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	0,07	0,04		3/60							4,25	4,25
17.01.12.00000139.SLDASM	A	2	Montagem / Soldadura		2,50								10/60		4,03	8,07
17.01.13.00000805.SLDPRT	B	2	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	0,00			2/60		2/60					3,78	7,56
17.01.13.00000801.SLDPRT	A	4	Corte Automático e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	0,00			4/60							5,61	22,45
17.01.3054.CAVILHA ROTAÇÃO PORTA.SLDPRT	C	2	Corte Serrote e Torneamento	ST 37-2 (S235JR)	0,27						2/60	10/60			6,56	13,12
ANILHA d25 DIN 9021.SLDPRT	Default	4	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,00	0,09									0,09	0,36
ANEL ELÁSTICO d25.SLDPRT	Default	4	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,00	0,15									0,15	0,60
17.01.41.00000001.SLDASM (CILINDRO AVENTAL PORTA TRASEIRA)	C	1	Montagem de compra		120,00										120,00	120,00
COPO DE LUBRIFICAÇÃO (GRACÉ) M8 DIN 71412.SLDPRT	Default	2	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,00	0,25									0,25	0,50
17.01.2012.PORTINHOLA MANUAL.SLDASM	Default	2	Montagem / Soldadura		12,00								10/60		4,03	8,07
17.01.3107.ALMOFADA PORTINHOLA.SLDPRT	Default	2	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	8,41	5,05		8/60							16,27	32,55
17.01.13.00000809.SLDPRT	B	2	Torneamento	ST 52 (S355)	0,20						2/60	10/60			6,49	12,98

17.01.3103.CAIXA PORTINHOLA PEQUENA.SLDPRT	A	2	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	3,40	3,40		5/60		5/60					12,85	25,70
17.01.22.00000008.SLDASM	A	1	Montagem / Soldadura										5/60		2,02	2,02
17.01.23.00000022.SLDPRT	A	1	Corte Serrote e Torneamento	ST 52 (S355)	0,67					3/60	8/60				6,12	6,12
17.01.23.00000021.SLDPRT	DEF2	1	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	0,16			3/60							4,37	4,37
PARAFUSO ISO 4017 M10X30 PASSO 1,25.SLDPRT		1	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,00	0,22									0,22	0,22
ANILHA DIN 1052 (d1)13 (d2)49 EXTRA LARGA.SLDPRT		1	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,00	0,11									0,11	0,11
17.01.22.00000008.SLDASM	B	1	Montagem / Soldadura										5/60		2,02	2,02
17.01.23.00000022.SLDPRT	B	1	Corte Serrote e Torneamento	ST 52 (S355)	0,46					3/60	8/60				5,91	5,91
17.01.23.00000021.SLDPRT	DEF2	1	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	0,16			3/60							4,37	4,37
PARAFUSO ISO 4017 M10X30 PASSO 1,25.SLDPRT		1	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,00	0,22									0,22	0,22
ANILHA DIN 1052 (d1)13 (d2)49 EXTRA LARGA.SLDPRT		1	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,00	0,11									0,11	0,11
17.01.2004.FECHO PORTA TRASEIRA.SLDASM	A	2	Montagem / Soldadura										10/60		4,03	8,07
17.01.3089.CORPO FECHO.SLDPRT	Default	2	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	1,72			5/60		5/60					11,17	22,34
17.01.3088.REMATE REFORÇO FECHO.SLDPRT	Default	2	Corte Guilhotina, Quinagem e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	0,34			3/60		2/60					5,52	11,05
17.01.3090.VEIO D20.SLDPRT	Default	2	Corte Serrote e Torneamento	ST 52 (S355)	0,30					2/60	3/60				2,60	5,20
17.01.2010.MANCAL.SLDASM	A	12	Montagem / Soldadura		1,84								3/60		1,21	14,52
17.01.3073.MANCAL VEIO PORTA TETO.SLDPRT	A	12	Corte Automático e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	1,50	0,90		10/60					10/60		18,63	223,62
17.01.3074.TAMPA MANCAL.SLDPRT	A	12	Corte Guilhotina, Quinagem e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	0,32	0,19			4/60	2/60			3/60		4,22	50,67

PARAFUSO ISO 4017 M8X20 PASSO 1,25.SLDPRT	093108	24	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,00	0,22								0,22	5,28	
COPO DE LUBRIFICAÇÃO (GRACÉ) M8 DIN 71412.SLDPRT	Default	12	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,00	0,25								0,25	3,00	
17.01.12.00000137.SLDASM	Default	4	Montagem / Soldadura											8/60	3,23	12,91
17.01.13.00000789.SLDPRT	Default	1	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	1,02			3/60							5,23	5,23
17.01.13.00000788.SLDPRT	Default	1	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	1,30			6/60							9,72	9,72
17.01.2026.BATENTE PORTA TETO.SLDASM	A	6	Montagem / Soldadura		1,71									6/60	2,42	14,52
17.01.3026.BASE BATENTE.SLDPRT	A	6	Corte Guillotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	0,93	0,56			4/60	4/60					4,45	26,71
17.01.3027.REFORFO BATENTE.SLDPRT	A	12	Corte Guillotina	ST 37-2 (S235JR)	0,17	0,10		3/60							4,31	51,75
17.01.3028.CALÇO BORRACHA.SLDPRT	Default	6	Peça de Compra	POLYURETHANE			10,00									
17.01.3091.REMATE FORRA BATENTE.SLDPRT	A	6	Corte Automático e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	0,22	0,13		3/60		2/60					5,32	31,89
17.01.2011.VEIO FECHO MANUAL.SLDASM	A	1	Montagem / Soldadura											1	24,20	24,20
17.01.3106.VARÃO.SLDPRT	Default	1	Corte Serrrote e Torneamento	ST 37-2 (S235JR)	4,83					3/60	3/60				7,43	7,43
17.01.3043.GANCHO.SLDPRT	A	2	Corte Automático e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	0,38	0,38		10/60							14,41	28,83
17.01.3046.BRINCO FECHO.SLDPRT	A	2	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	0,11	0,11		5/60							7,13	14,25
17.01.3104.ANEL.SLDPRT	A	1	Corte Serrrote e Torneamento	ST 37-2 (S235JR)	0,06	0,06				3/60	3/60				2,66	2,66
PARAFUSO SEXTAVADO M12X50 (b30) DIN933_ISO4017.SLDPRT	0931	1	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,00	0,30									0,30	0,30
PORCA M12 AUTOBLOCANTE.SLDPRT	09852	1	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	ST 37-2 (S235JR)	0,00	0,25									0,25	0,25
ANILHA D12.SLDPRT	1440	4	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,00	0,08									0,08	0,32
ANILHA D26 DIN 125-1 TYPE A, ISO 7089.SLDPRT	01254	2	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,00	0,08									0,08	0,16
FECHO MANUAL RAPID.SLDASM	Default	1	Montagem de compra												25,00	25,00

VARÃO SEXTAVADO COM GARFO E PARAFUSO DE OLHAL.SLDASM	Default	1	Montagem de compra										4/60	1,61	1,61
GARFO SEM CAVILHA L12,5 DIN 71752.SLDPRT	Default	1	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,12	0,00	0,60							0,60	0,60
PERNO ROSCADO M12X86 (L55).SLDPRT	Default	1	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,07	0,00	0,51							0,51	0,51
VARÃO SEXTAVADO 22X200 COM ROSCA INTERIOR M12.SLDPRT	Default	1	Corte Serrote e Torneamento	ST 52 (S355)	0,45	0,30				3/60	15/60			9,73	9,73
ANILHA DE MOLA D12,5 DIN 137.SLDPRT	DIN2093	6	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,01		0,08							0,08	0,48
PARAFUSO COM OLHAL DIN 444 M12.SLDPRT	Default	1	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA			0,44							0,44	0,44
ANILHA D13 (DIN 125-1 TYPE A, ISO 7089).SLDPRT	01254	1	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA			0,08							0,08	0,08
CAVILHA COM CABEÇA DIN EN 22341.SLDPRT	cbh-12x35	1	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA			0,11							0,11	0,11
PINO FENDIDO D3,2X25 DIN 94 ISO 1234.SLDPRT	00944	1	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA			0,10							0,10	0,10
17.01.2019.PORTA TETO MONTAGEM.SLDASM	A 6450	2	Montagem / Soldadura										3	72,61	145,23
17.01.3100.VIEIO.SLDPRT	A 6450	2	Corte Serrote	ST 52 (S355)	43,64	28,80				10/60				31,75	63,51
17.01.2022.PORTA TECTO.SLDASM	A 6450	2	Compra		66,54		480,00							480,00	960,00
17.01.2023.DOBRADEIRA.SLDASM	B	4	Montagem / Soldadura										10/60	4,03	16,14
17.01.3099.RÉGUA DOBRADEIRA.SLDPRT	A	4	Corte Guillotina, Quinagem e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	2,09	2,09			5/60	2/60			10/60	9,20	36,79
17.01.3098.CANTO DOBRADEIRA.SLDPRT	A	8	Corte Guillotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	0,74	0,74			10/60	3/60				7,07	56,54
PARAFUSO CABEÇA OVAL M10X55 DIN 603 ISO 8677.SLDPRT	06032 10 55-	16	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,04		0,50							0,50	8,00
ANILHA D10.SLDPRT	1440	16	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA			0,08							0,08	1,28
PORCA M10 AUTOBLOCANTE DIN 982 ISO 7040.SLDPRT	09852	16	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA			0,15							0,15	2,40
17.01.2023.DOBRADEIRA.SLDASM	A	2	Montagem / Soldadura										7/60	2,82	5,65
17.01.3099.RÉGUA DOBRADEIRA.SLDPRT	A	2	Corte Guillotina, Quinagem e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	2,09	2,09			5/60	2/60			10/60	9,20	18,40

17.01.3098.CANTO DOBRADIÇA.SLDPRT	A	2	Corte Guillotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	0,74	0,74			10/60	3/60					7,07	14,14
PARAFURO CABEÇA OVAL M10X55 DIN 603 ISO 8677.SLDPRT	06032	8	Peça de Comprimento	AÇO-LIGA	0,04		0,50								0,50	4,00
ANILHA D10.SLDPRT	1440---	8	Peça de Comprimento	AÇO-LIGA			0,08								0,08	0,64
PORCA M10 AUTOBLOCANTE DIN 982 ISO 7040.SLDPRT	09852	8	Peça de Comprimento	AÇO-LIGA			0,15								0,15	1,20
17.01.2023.DOBRADIÇA.SLDASM	C	2	Montagem / Soldadura											7/60	2,82	5,65
17.01.3099.RÉGUA DOBRADIÇA.SLDPRT	A	2	Corte Guillotina, Quinagem e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	2,09	2,09			5/60	2/60			10/60		9,20	18,40
17.01.3098.CANTO DOBRADIÇA.SLDPRT	A	2	Corte Guillotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	0,74	0,74			10/60	3/60					7,07	14,14
PARAFURO CABEÇA OVAL M10X55 DIN 603 ISO 8677.SLDPRT	06032	8	Peça de Comprimento	AÇO-LIGA	0,04		0,50								0,50	4,00
ANILHA D10.SLDPRT	1440	8	Peça de Comprimento	AÇO-LIGA			0,08								0,08	0,64
PORCA M10 AUTOBLOCANTE DIN 982 ISO 7040.SLDPRT	0982	8	Peça de Comprimento	AÇO-LIGA			0,15								0,15	1,20
17.01.2024.BATENTE PORTA.SLDASM	A	12	Montagem / Soldadura		2,08									7/60	2,82	33,89
17.01.3084.CORPO BATENTE PORTA.SLDPRT	A	12	Corte Automático e Quinagem	ALU	1,39	4,87		4/60		5/60					12,91	154,95
17.01.3085.REMATE BATENTE PORTA.SLDPRT	A	12	Corte Automático e Quinagem	ALU	0,31	1,09		2/60		2/60					4,87	58,38
17.01.3086.REMATE CORPO BATENTE.SLDPRT	A	12	Corte Guillotina	ALU	0,04	0,14		1/60							1,54	18,52
PARAFURO CABEÇA OVAL M10X55 DIN 603 ISO 8677.SLDPRT	06032	72	Peça de Comprimento	AÇO-LIGA	0,04	0,00	0,50								0,50	36,00
ANILHA D10.SLDPRT	1440	72	Peça de Comprimento	AÇO-LIGA		0,00	0,08								0,08	5,76
PORCA M10 AUTOBLOCANTE DIN 982 ISO 7040.SLDPRT	09852	72	Peça de Comprimento	AÇO-LIGA		0,00	0,15								0,15	10,80
CILINDRO PORTA TETO	C	2	Montagem / Soldadura				110,00								110,00	220,00

17.01.2005.VARANDIM.SLDASM		A 6450	2	Montagem / Soldadura											4	96,82	193,64
17.01.3040.ESPELHO MANCAL.SLDPRT	A	4	Corte Guilhotina	ST 37-2 (S235JR)	0,40	0,24				2/60				3/60		2,32	9,29
PARAFUSO HEX. M10X50 L25 DIN 931 ISO 4014.SLDPRT	093138I	4	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,04	0,00	0,45									0,45	1,80
PORCA M10 AUTOBLOCANTE ABA ISO 4461 DIN 6923.SLDPRT	6926W810	4	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,02	0,00	0,15									0,15	0,60
ANILHA D10.SLDPRT	1440	4	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,00	0,00	0,08									0,08	0,32
17.01.2028.FIXAÇÃO TUBO VARANDIM.SLDASM		A	2	Montagem / Soldadura	0,89										20/60	8,07	16,14
17.01.3031.ESPELHO BASE TRANCADOR.SLDPRT	A	2	Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	0,40	0,24				2/60				3/60		2,32	4,65
17.01.3032.CANTO BATENTE TUBO.SLDPRT	A	2	Corte Guilhotina e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	0,19	0,11				2/60				1/60		1,46	2,92
17.01.3033.ESPELHO DE FIXAÇÃO.SLDPRT	A	4	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	0,12	0,07		2/60						2/60		3,62	14,48
PARAFUSO HEX. M10X65 L25 DIN 931 ISO 4014.SLDPRT	093138I	2	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,05	0,00	0,45									0,45	0,90
ANILHA D10.SLDPRT	1440	4	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,01	0,00	0,08									0,08	0,32
PORCA M10 AUTOBLOCANTE DIN 982 ISO 7040.SLDPRT	09852	2	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA		0,00	0,25									0,25	0,50
POSICIONADOR MOLA DE CAME D10 L70.SLDASM		K0639_081020	2	Montagem de compra	0,14										0,80	0,80	1,60
17.01.2028.FIXAÇÃO TUBO VARANDIM.SLDASM		D	6	Montagem / Soldadura	0,30										3/60	1,21	7,26
17.01.3033.ESPELHO DE FIXAÇÃO.SLDPRT	A	12	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	0,12	0,07		2/60						2/60		3,62	43,43
PARAFUSO HEX. M10X65 L25 DIN 931 ISO 4014.SLDPRT	093138I	6	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,05	0,00	0,45									0,45	2,70
ANILHA D10.SLDPRT	1440-	12	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,00	0,00	0,08									0,08	0,96
PORCA M10 AUTOBLOCANTE DIN 982 ISO 7040.SLDPRT	09852	6	Peça de Compra-Norma DIN/ISO	AÇO-LIGA	0,01	0,00	0,25									0,25	1,50
17.01.2027.FIXAÇÃO TUBO VARANDIM.SLDASM		A	8	Montagem											1/60	0,40	3,23
17.01.3029.BASE FEMEA.SLDPRT	A	8	Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	0,19	0,11										0,11	0,91

17.01.3030.FIXAÇÃO TUBO.SLDPRT	A	8	Peça de Compra	Rubber	0,04		0,70							0,70	5,60
17.01.2029.CORRIMÃO.SLDASM	A 6450	2	Montagem / Soldadura		5,31							3		72,61	145,23
17.01.3022.TUBO 1in.SLDPRT	B 6450	2	Corte Serrote	ST 37-2 (S235JR)	3,76	2,26				5/60				3,73	7,46
17.01.3035.PEGA CORRIMÃO.SLDPRT	A	2	Serralharia e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	0,38	0,23			4/60			4/60		3,66	7,31
17.01.3036.ACABAMENTO.SLDPRT	A	4	Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	0,03	0,02						3/60		1,13	4,51
17.01.2025.TUBO VARANDIM.SLDASM	B	2	Montagem / Soldadura		0,82							15/60		6,05	12,10
17.01.3022.TUBO 1in.SLDPRT	A	2	Corte Serrote	ST 37-2 (S235JR)	0,46	0,28				3/60		3/60		2,27	4,54
17.01.3021.DOBRADEIRA TUDO.SLDPRT	A	4	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	0,15	0,09		4/60						5,70	22,81
17.01.3034.ANEL.SLDPRT	A	4	Corte Serrote	ST 37-2 (S235JR)	0,03	0,02				3/60				0,90	3,61
17.01.2025.TUBO VARANDIM.SLDASM	A	6	Montagem / Soldadura		0,82							15/60		6,05	36,31
17.01.3022.TUBO 1in.SLDPRT	C 6950	6	Corte Serrote	ST 37-2 (S235JR)	0,46	0,28				3/60		3/60		2,27	13,63
17.01.3021.DOBRADEIRA TUDO.SLDPRT	A	12	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	0,15	0,09		4/60						5,70	68,44
17.01.3034.ANEL.SLDPRT	A	12	Corte Serrote	ST 37-2 (S235JR)	0,03	0,02						3/60		1,13	13,54
17.01.2030.TUBO CORFORMADO.SLDASM	A	2	Montagem / Soldadura		1,63							15/60		6,05	12,10
17.01.3097.TUBO CONFORMADO.SLDPRT	A	2	Corte Serrote e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	1,48	0,89				5/60		15/60		7,91	15,83
17.01.3021.DOBRADEIRA TUDO.SLDPRT	A	2	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	0,15	0,09		4/60						5,70	11,41
17.01.2031.CASQUILHO DESLIZANTE.SLDASM	A	2	Montagem / Soldadura		0,32							6/60		2,42	4,84
17.01.3038.CASQUILHO DESLIZANTE.SLDPRT	A	2	Corte Serrote e Torneamento	ST 37-2 (S235JR)	0,24	0,14				3/60	5/60			3,88	7,76
17.01.3037.CASQUILHO NYLON.SLDPRT	A	4	Serralharia e Torneamento	Nylon® PA 6	0,02	0,13					5/60	3/60		4,09	16,37
17.01.3039.CASQUILHO POSIÇÃO.SLDPRT	A	2	Torneamento	ST 37-2 (S235JR)	0,05	0,03					5/60			2,88	5,76

17.01.2032.GUIA.SLDASM	A	2	Montagem / Soldadura		0,44							10/60			4,03	8,07
17.01.3041.CASQUILHO.SLDPRT	A	2	Torneamento	ST 37-2 (S235JR)	0,13	0,08						10/60			5,78	11,56
17.01.3042.GUIA.SLDPRT	A	4	Corte Guillhotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	0,16	0,10			4/60	2/60					3,02	12,07
17.01.2004.ESCADA.SLDASM	Default	1	Montagem / Soldadura			9,37							2		57,78	57,78
17.01.3050.CORRIMÃO.SLDPRT	Default	2	Corte Serrote e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	2,02	1,21					4/60		5/60		4,24	8,49
17.01.3051.DEGRAU.SLDPRT	Default	5	Corte Serrote e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	1,07	0,64					2/60		5/60		3,08	15,41
17.01.2006.SUPOORTE BOMBONE.SLDASM	A	1	Montagem / Soldadura			8,57							4		105,39	105,39
17.01.3056.TUBO SUPORTE.SLDPRT	A	1	Corte Serrote	ST 37-2 (S235JR)	1,41	0,85					5/60		5/60		4,17	4,17
17.01.3057.PATILHA SUPORTE.SLDPRT	A	1	Corte Guillhotina e Quinagem	ST 37-2 (S235JR)	0,22	0,13			2/60	3/60					2,57	2,57
17.01.3059.VARÃO D.12.SLDPRT	A	2	Corte Serrote	ST 37-2 (S235JR)	0,05	0,03							2/60		0,77	1,54
17.01.3058.TUBO ENGATE.SLDPRT	A	1	Corte Serrote	ST 37-2 (S235JR)	0,20	0,12							3/60		1,23	1,23
17.01.3058.TUBO ENGATE.SLDPRT	B	1	Corte Serrote	ST 37-2 (S235JR)	0,54	0,32							3/60		1,43	1,43
17.01.3060.CILINDRO SUPORTE.SLDPRT	A	2	Corte Guillhotina, Quinagem e Serralharia	ST 37-2 (S235JR)	1,78	1,07			2/60	15/60					9,34	18,69
17.01.3061.DISCO.SLDPRT	A	1	Corte Automático	ST 37-2 (S235JR)	1,57	0,94			4/60						2,89	2,89
17.01.2007.PÁ.SLDASM	A	1	Montagem / Soldadura			0,98							10/60		5,01	5,01
17.01.3062.PÁ.SLDPRT	A	1	Corte Automático, Quinagem e Serralharia	HARDOX 450	0,37	0,37		4/60		2/60			5/60		8,81	8,81
17.01.3056.TUBO SUPORTE.SLDPRT	B	1	Corte Serrote	ST 37-2 (S235JR)	1,41	0,61					3/60				1,50	1,50