

**Desenvolvimento e Projeto de uma Cisterna Agrícola**  
**Realizado na Growstamp**

*Miguel Couto Soares de Almeida Sampaio*

**Dissertação do MIEM**

Orientador na Growstamp: Engenheiro Miguel Couto

Orientador na FEUP: Prof. Ana Reis



**FEUP**

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**  
**Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

Janeiro de 2014

## **Resumo**

O presente trabalho teve por objetivo principal o desenvolvimento e projeto de uma cisterna agrícola de 20.000 litros de capacidade, passando pelo dimensionamento e desenho da cuba e restantes componentes que constituem a cisterna. Este projeto foi desenvolvido à medida de um cliente da empresa onde se realizou o trabalho de dissertação, a Growstamp.

Uma vez que se tratava do desenvolvimento de um produto novo, segundo características bastante específicas do cliente, foi necessário, para realizar este projeto, aprofundar o conhecimento sobre cisternas agrícolas e suas utilizações, nomeadamente ao nível da legislação nacional e comunitária em vigor . Foi também necessário adquirir um conhecimento mais profundo do mercado nacional das cisternas agrícolas, marcas mais proeminentes e sua gama de produtos.

O projeto de desenvolvimento focou sobretudo o dimensionamento da nova cisterna, incluindo a modelação, seleção de materiais, seleção de componentes e acessórios, processos de fabrico e montagem. O trabalho de dissertação envolveu também o contacto com fornecedores, o que proporcionou um contacto com o mundo da indústria e exigiu uma rápida adaptação a esta realidade.

## **Development of a project of a slurry tanker with 20000 liters of capacity**

The main goal of this work was the development of a project of a slurry tanker with a capacity of 20000 liters, through the sizing and design of the tank and all the components that make up the slurry tanker. This project was tailor made according to specifications of Growstamp's client, where the work was developed.

To carry out this project, since it was a new product, it was necessary to know more about slurry tankers and their uses and was also necessary to study the national and EU legislation concerning slurry tankers. Still, it was necessary to make a brief study on the national market, including major brands present and their range of products.

The development of this project was mainly about the dimensioning of the new slurry, including modulation, material selection, components and accessories selection, manufacturing and assembly processes. It was also necessary for this work to get in touch with suppliers, place orders and rapid adaptation to the world of industry.

## **Agradecimentos**

Queria agradecer a todos aqueles que me ajudaram na realização deste trabalho, em particular ao Engenheiro Miguel Couto da Growstamp, por todo o apoio e orientação que me prestou, por toda a paciência com que me explicou as dúvidas que eu lhe coloquei e por ter sabido acolher-me tão bem na empresa. Ao Vítor e ao André, por me terem dado indicações preciosas para eu conseguir levar este projeto para a frente. Sem a sua experiência na construção de cisternas, com certeza esta não teria sido terminada a tempo.

Agradeço também à Professora Ana Reis pela ajuda e orientação e por todos os conselhos que me deu na elaboração deste trabalho.

Agradeço também à minha mãe pela ajuda que me deu na revisão gramatical deste trabalho e por ter aceite com paciência toda a minha impaciência.

Finalmente, agradeço à Doutora Cláudia Anjo e à Andreia, dos Recursos Humanos da Quantal, por toda a simpatia com que me receberam e também ao Quantal Group pelo apoio financeiro prestado.

## Índice de conteúdos

1. Sobre a Growstamp .....	8
2. Sobre cisternas agrícolas .....	9
2.1. Bombas .....	11
2.2. Válvulas .....	11
2.3. Outros componentes .....	12
2.4. Materiais .....	12
3. Sobre o mercado .....	13
3.1. Empresas nacionais .....	13
3.1.1. Herculano .....	13
3.1.2. JA & MA .....	13
3.1.3. JOPER .....	13
3.2. Empresas estrangeiras .....	14
3.2.1. Pichon .....	14
3.2.2. Joskin .....	14
3.3. Gama de produtos da Growstamp .....	15
4. Legislação relativa a cisternas agrícolas .....	16
5. Identificação das necessidades do cliente .....	17
5.1. Capacidade e dimensões exteriores .....	18
5.2. Segurança .....	18
5.3. Acessibilidade .....	19
5.4. Acessórios .....	19
6. Desenvolvimento do projeto .....	19
6.1. Capacidade e dimensões exteriores .....	19
6.2. Segurança .....	21

6.3.	Acessibilidade.....	22
6.4.	Acessórios.....	23
7.	Modelação da cisterna e simulação com diferentes materiais.....	24
7.1.	Primeiro modelo - Modelo alfa - Simplificado .....	25
7.1.1.	Resultado das simulações .....	26
7.2.	Segundo modelo (para aprovação do cliente) – Modelo beta .....	32
7.2.1.	Componentes da cisterna .....	32
a)	Virola .....	32
7.2.2.	Materiais .....	40
7.2.3.	Validação numérica e tipo de montagem das anteparas .....	42
7.3.	Modelo final .....	45
8.	Construção da cisterna .....	51
8.1.	Fabrico das virolas.....	51
8.2.	Fabrico dos fundos copados elípticos.....	53
8.3.	Fabrico das entradas de homem.....	55
8.4.	Montagem das anteparas .....	56
8.5.	Fabrico e montagem dos berços .....	58
8.6.	Fabrico e montagem da escada.....	59
8.7.	Fabrico das picagens para montagem dos acessórios.....	60
8.8.	Reforços centrais .....	61
8.9.	Cisterna completa .....	62
8.10.	Galvanização .....	63
9.	Conclusões .....	65
10.	Trabalhos futuros .....	66
	ANEXO A – Legislação relativa a cisternas agrícolas .....	67
	ANEXO B – Listagem inicial dos componentes da cisterna .....	79

ANEXO C – Desenhos enviados para o cliente para aprovação.....	81
ANEXO D – Resultados das simulações com o modelo beta.....	86
ANEXO E – Desenhos finais para construção.....	90
ANEXO F – Características dos materiais de adição de soldadura .....	149

## Lista de figuras

Figura 1 - Cisterna genérica com alguns acessórios .....	9
Figura 2 – Espalhador de água em leque.....	10
Figura 3 – Braço de sucção .....	10
Figura 4 - Adufa.....	10
Figura 5 - Bebedouro .....	10
Figura 6 - Silenciador e válvula secundária .....	10
Figura 7 - Cisterna com os principais componentes .....	12
Figura 8 - Dumper Volvo A25D, vista lateral.....	17
Figura 9 - Dumper Volvo A25D, vista superior .....	17
Figura 10 - Válvula primária de duas bolas .....	18
Figura 11 - Desenho do perfil da cisterna .....	20
Figura 12 - Perfil da cuba com as dimensões finais.....	21
Figura 13 - Exemplo da turbulência causada por um orifício .....	22
Figura 16 - Distribuição da tensão de Von Mises .....	27
Figura 17 - Distribuição do fator de segurança .....	27
Figura 16 - Distribuição da tensão de Von Mises .....	28
Figura 17 - Distribuição do fator de segurança .....	28
Figura 18 - Distribuição da tensão de Von Misses .....	29
Figura 19 - Distribuição do fator de segurança.....	29

Figura 20 - Distribuição da tensão de Von Mises .....	30
Figura 21 - Distribuição do fator de segurança .....	30
Figura 22 - Virola, vista de cima.....	33
Figura 23 - Virola, vista de baixo.....	33
Figura 24 - Fundo elíptico posterior.....	34
Figura 25 - Fundo elíptico anterior .....	35
Figura 26 - Entrada de homem posterior.....	36
Figura 27 - Entrada de homem posterior (vista explodida).....	36
Figura 28 - Entrada de homem superior.....	36
Figura 29 - Entrada de homem superior (vista explodida).....	36
Figura 30 - Berço .....	37
Figura 31 - Escada.....	37
Figura 32 - Antepara transversal superior .....	38
Figura 33 - Antepara transversal superior .....	39
Figura 34 - Antepara transversal .....	39
Figura 35 - Distribuição da tensão .....	43
Figura 36 - Distribuição do fator de segurança.....	43
Figura 37 - Distribuição da tensão .....	44
Figura 38 - Distribuição do fator de segurança.....	44
Figura 39 - Desenho com acréscimo de antepara. Sugestão A .....	45
Figura 40 - Desenho com acréscimo de antepara. Sugestão B.....	45
Figura 41 - Reforços do fundo elíptico posterior .....	46
Figura 42 - Reforços do fundo elíptico anterior.....	46
Figura 43 - Escantilhão raio maior.....	51
Figura 44 - Escantilhão raio menor .....	51
Figura 45 - Montagem e alinhamento da chapa na mesa da calandra.....	52

Figura 46 – Calandragem da chapa.....	52
Figura 48 - As três virolas soldadas (vista inferior).....	52
Figura 47 - Chapa calandrada.....	52
Figura 49 - Planificado para fabrico dos fundos copados.....	53
Figura 50 - Desenho para construção dos fundos copados.....	53
Figura 51 - Fundo copado.....	54
Figura 52 - Fundo copado, depois de cortado.....	54
Figura 53 - Desperdício de chapa do fundo copado.....	54
Figura 54 - Corpo da entrada de homem superior.....	55
Figura 55 - Corpo da entrada de homem posterior.....	55
Figura 57 - Montagem da entrada de homem posterior.....	55
Figura 58 - Entrada de homem superior.....	55
Figura 56 - Montagem da entrada de homem superior.....	55
Figura 59 - Entrada de homem posterior.....	55
Figura 60 – Montagem das anteparas transversais superiores.....	56
Figura 61 - Posicionamento da antepara transversal inferior.....	56
Figura 62 - Antepara transversal superior soldada e orelhas para montagem da antepara transversal inferior.....	57
Figura 63 - Anteparas longitudinais.....	57
Figura 64 - Orelhas para fixação de antepara longitudinal.....	57
Figura 65 - Construção de um berço.....	58
Figura 66 - Alinhamento das chapas verticais do berço.....	58
Figura 67 – Montagem dos berços na cuba.....	58
Figura 68 - Três das barras laterais da escada.....	59
Figura 69 - Plataforma com as barras superiores soldadas.....	59
Figura 70 - Montagem da escada na cuba.....	59

Figura 71 - Picagem para montagem de um visor.....	60
Figura 72 - Picagem para montagem da adufa posterior.....	60
Figura 73 - Picagem para montagem da régua de espalhamento .....	60
Figura 74 - Picagem para montagem da válvula primária .....	60
Figura 75 - Reforços centrais no tampo posterior.....	61
Figura 76 - Reforços centrais no tampo anterior.....	61
Figura 77 - Cisterna completa (vista posterior).....	62
Figura 78 - Cisterna completa (vista anterior) .....	62
Figura 79 - Cisterna completa (vista posterior).....	62
Figura 80 - Cisterna completa, a caminho da galvanização.....	62
Figura 82 - Abertura no tampo posterior.....	63
Figura 81 – Sistema de elevação da cuba.....	63
Figura 83 - Cisterna galvanizada.....	64
Figura 85 – Deformação de uma antepara superior .....	64
Figura 86 - Uma concha na virola.....	64
Figura 84 - Escadas e anteparas galvanizadas.....	64

## **Lista de tabelas**

Tabela 1 - Gama de produtos produzidos pela concorrência .....	15
Tabela 2 – Propriedades mecânicas dos aços S235JR e S275JR .....	26
Tabela 3 - Propriedades mecânicas do DOMEX 460 MC .....	40
Tabela 4 - Propriedades mecânicas do aço S355JR.....	41
Tabela 5 - Lista dos componentes a fabricar, materiais e quantidades .....	48

## **Glossário**

**Cisterna agrícola:** equipamento agrícola que tem como função principal o transporte de fluidos ou resíduos líquidos.

**Virola:** chapa metálica calandrada que forma o “corpo” da cisterna.

**Fundo copado:** tampos côncavos que são montados nos topos da virola.

**Cuba:** parte da cisterna que contém o fluido, constituída pelos fundos copados e pela virola.

**Entrada de homem:** acesso ao interior da cuba.

**Berço:** suporte no qual fica assente a cuba.

**Antepara:** chapa que contrapõe o efeito inercial do fluido.

**Válvula primária:** válvula de segurança que impede a passagem de fluido para a bomba.

**Válvula secundária:** válvula de segurança que impede a passagem de fluido para a bomba caso a válvula primária falhe.

**Picagem:** ponto de montagem dos acessórios.

**Adufa:** válvula, normalmente de guilhotina.

## **1. Sobre a Growstamp**

A Growstamp é uma empresa pertencente ao Quantal Group, criada em 2011 e especializada no fabrico de cisternas agrícolas.

Fundada em 1995, a Quantal Laser Tecnologia SA apresenta-se como uma empresa pioneira no desenvolvimento de aplicações industriais com tecnologia a laser em Portugal. A sua especialidade é a prototipagem e produção em série para a indústria automóvel e desde cedo começou a exportar em larga escala para Espanha, conquistando assim este mercado.

Espanha, França, Alemanha, Suíça, África e China são alguns dos mercados para os quais o Quantal Group (assim renomeado em 2012) exporta através das suas várias empresas.

O Quantal Group está em crescente evolução e internacionalização, e os seus colaboradores trabalham convictamente para encontrar soluções inovadoras e de elevado grau de qualidade que vão de encontro às necessidades e expectativas dos clientes. A aquisição, por parte do grupo, da Growstamp, que na altura da aquisição funcionava sob o nome de “Neves&Santos”, permite ao Quantal Group entrar no mundo das máquinas agrícolas, cujo mercado é bastante forte em Portugal, mas também em países africanos em desenvolvimento e que apostam bastante na agricultura.

A Growstamp, que atualmente está sediada nas instalações do grupo, está neste momento a iniciar a instalação de sede própria na zona industrial de Argivai, onde serão instalados os meios necessários para o fabrico e manutenção das cisternas agrícolas, cujas bases dos modelos provêm do ex-fabricante “Neves&Santos” e que têm vindo a ser progressivamente melhorados e atualizados pela Growstamp.

Para além do fabrico de cisternas e equipamentos agrícolas, aproveitando as capacidades instaladas, será facultada a prestação de serviços de calandragem de chapas até 3m de largura e espessura máxima de 16mm.

Assumem-se como fatores fundamentais para o sucesso nesta área, o conhecimento técnico, a competência e ambição profissional e ainda a garantia do desenvolvimento de projetos com elevados padrões de qualidade e que satisfaçam as necessidades de cada cliente, de modo a ser diferenciadora ao nível da concorrência.

A Growstamp ambiciona ser uma empresa reconhecida no mercado nacional e internacional pela simplicidade, eficiência, fiabilidade e inovação dos diversos equipamentos que se propõe construir, estando para tal consciente da importância do feedback oferecido pelos clientes quanto a eventuais pontos de melhoria ou novos equipamentos a desenvolver.

## 2. Sobre cisternas agrícolas

As cisternas são equipamentos fundamentais para a atividade agrícola, ainda que não sejam exclusivas a este tipo de atividade. Na cidade, são também usadas no esvaziamento de fossas, por exemplo.

Tipicamente, existem duas utilizações para as cisternas agrícolas: transporte de água, quer para a rega dos campos, quer para a hidratação de animais, e recolha dos dejetos animais ao longo do ano, que depois são utilizados para adubar os campos.

Inicialmente equipamentos simples, as cisternas agrícolas pouco mais eram do que uma cuba metálica montada num atrelado. Hoje em dia, as cisternas agrícolas podem ser equipamentos altamente complexos graças aos muitos acessórios e sistemas que complementam a “básica” cuba. Esses acessórios são vários, sendo alguns deles apresentados nas Figura 1 a Figura 10:

- Braços de sucção (manuais ou por controlo remoto).
- Equipamentos de espalhamento e rega (barras, canhão, enterradores, bicos).
- Silenciadores.
- Válvulas corredeiras (adufas).
- Válvulas de controle de pressão e vácuo.
- Bebedouro para o gado.

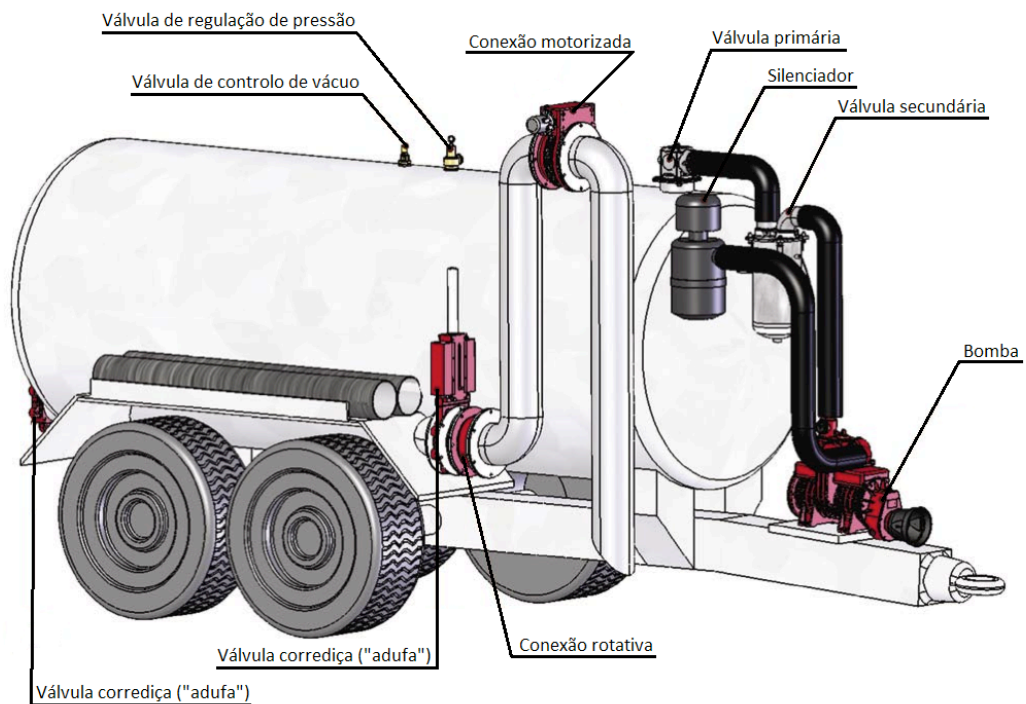
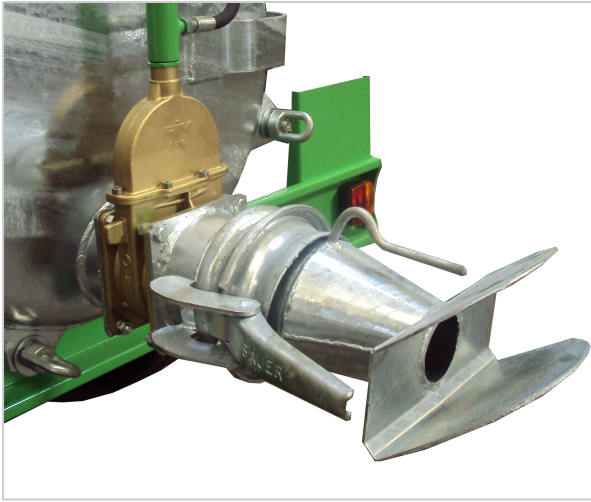


Figura 1 - Cisterna genérica com alguns acessórios



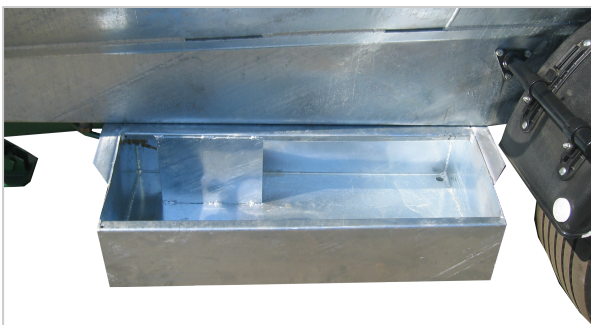
**Figura 2 – Espalhador de água em leque**



**Figura 3 – Braço de sucção**



**Figura 4 - Adufa**



**Figura 5 - Bebedouro**



**Figura 6 - Silenciador e válvula secundária**

## **2.1.Bombas**

Um dos componentes fundamentais das cisternas agrícolas é a bomba. Existem três soluções tipicamente utilizadas, sendo elas:

- Bombas de vácuo rotativa de palhetas. Este tipo de bombas é o mais utilizado, apesar de tornar o sistema mais complexo. O que uma bomba deste tipo faz é criar vácuo ou pressão dentro da cuba para fazer a sucção ou expulsão do fluido, respectivamente. Por essa mesma razão, não há passagem do fluido pela bomba, evitando assim a manutenção inerente às bombas centrífugas, manutenção essa devida ao desgaste provocado pelos detritos que se encontram no fluido e que, passando este pelo rotor, tendem a danificá-lo.
- Bombas centrífugas:
  - De rotor aberto
  - Autoferrantes.

Apesar de terem uma maior manutenção, as bombas centrífugas também são utilizadas, especialmente em situações em que o fluido não terá detritos, como por exemplo no transporte de água potável (que, à partida, é água limpa e sem qualquer tipo de detritos, ao contrário dos fluidos residuais de fossas, por exemplo). De entre os dois tipos de bombas centrífugas anteriormente referidos, as bombas centrífugas autoferrantes têm a vantagem de criarem alguma pressão ou vácuo o que pode ser extremamente útil no caso de a linha estar vazia. Quanto se está a utilizar uma bomba centrífuga de rotor aberto e a linha está vazia, a bomba fica a trabalhar em vazio.

## **2.2.Válvulas**

Também há outros elementos importantes que estão presentes nas cisternas, como as válvulas, sendo que há três tipos:

- Válvulas de segurança.
- Válvulas de regulação de pressão.
- Válvulas de controlo de vácuo.

No caso de se utilizar uma bomba de vácuo rotativa de palhetas estes são elementos fundamentais para garantir a integridade da bomba, uma vez que impedem que o fluido passe para o seu interior no caso da bomba estar a criar vácuo, utilizando-se normalmente duas válvulas, uma primária e uma secundária.

## 2.3.Outros componentes

Existem ainda outros componentes que constituem uma cisterna, como os sistemas de suspensão nos eixos e/ou na cabeçalha, que pode ser por molas convencionais, parabólicas ou pneumáticas e ainda sistemas de travagem, hidráulicos ou pneumáticos, havendo também a possibilidade de, no caso de a cisterna ter dois ou mais eixos, um dos eixo ser direcional (autodireccional ou com direção assistida).

## 2.4.Materiais

Relativamente à construção das cisternas, estas são normalmente feitas em aço de construção (S235JR, S275JR, etc.) ou em alumínio. Apesar de a utilização dos alumínios ser menos comum, uma vez que para se construir uma cisterna em alumínio, com uma resistência semelhante a uma feita em aço, é necessário utilizar uma espessura de chapa bastante superior (devido à menor tensão de cedência e rigidez do alumínio relativamente aos aços), é uma solução bastante interessante quando se pretende fazer o transporte de água potável pois não exige que se pinte o interior da cuba com tintas especiais (tintas à base de epóxi) ou de tratamentos superficiais uma vez que, contrariamente aos aços, o alumínio não oxida, não havendo portanto contaminação do fluido existente no interior da cuba.

Na Figura 7 pode-se observar um desenho 3D de uma cisterna e alguns dos seus componentes mais importantes. De notar que, por uma questão de visualização, a virola se encontra translúcida.

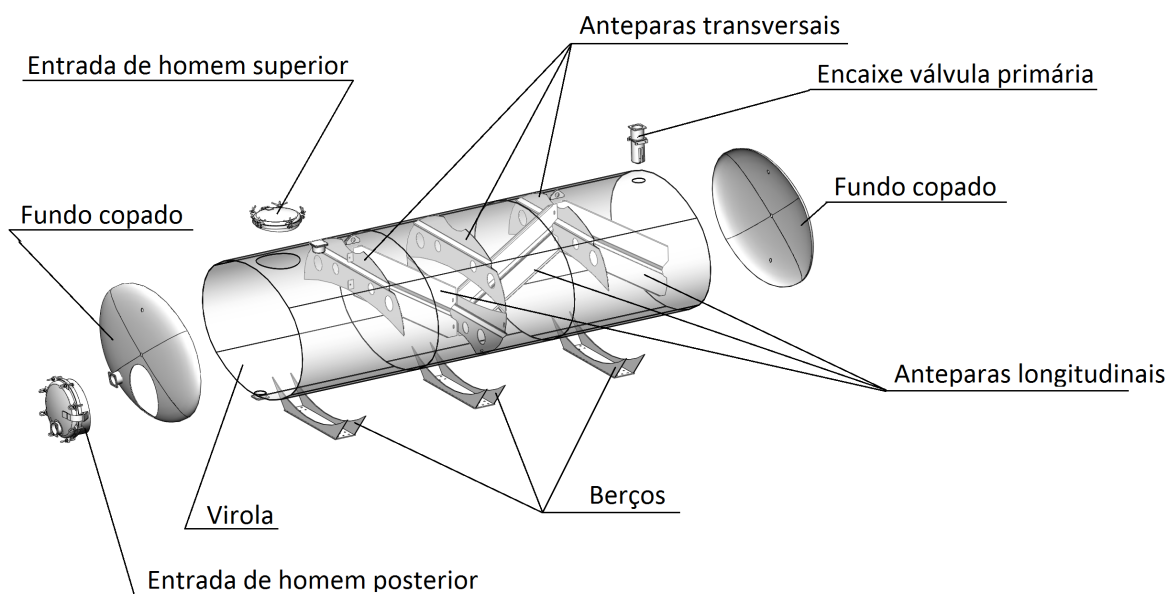


Figura 7 - Cisterna com os principais componentes

### **3. Sobre o mercado**

Atualmente, existem em Portugal e na Europa algumas empresas que fabricam cisternas agrícolas sendo as mais relevantes as abaixo mencionadas.

#### **3.1. Empresas nacionais**

##### **3.1.1. Herculano**

A Herculano Alfaias Agrícolas, S.A. foi constituída em 23 de Janeiro de 1969 pela família Lopes.

Em 1982 é efetuada a primeira exportação e em 1986 a “Herculano”, é oficialmente reconhecida em Portugal como líder na fabricação e comercialização de semirreboques agrícolas, liderança que mantém na atualidade.

A “Herculano” tem vindo a aumentar a sua atividade em países como França, Espanha, e Angola, que atualmente constituem os seus principais mercados de exportação.

A “Herculano” é presentemente um dos maiores fabricantes Ibéricos de material agrícola, tendo uma gama de produtos bastante alargada, produzindo cisternas com capacidade de 2500 litros até 20000 litros. Toda a gama de cisternas agrícolas produzidas pela “Herculano” está representada na Tabela 1.

##### **3.1.2. JA & MA**

JA & MA - Máquinas Industriais e Agrícolas, Lda., é uma fábrica de máquinas agrícolas, constituída como sociedade por quotas em 25 de Maio de 1977 em Ribeirão (V.N. Famalicão).

Com um elevado ritmo de crescimento, a empresa desde cedo conquistou uma grande quota de mercado nacional, sendo uma marca que se encontra presentemente entre os maiores fabricantes nacionais de máquinas agrícolas.

A JA & MA produz cisternas de baixa e média capacidade, sendo que a cisterna de maior capacidade produzida tem uma capacidade de 15000 litros (ver Tabela 1).

##### **3.1.3. JOPER**

Fundada em 1941, por João Pereira, a “JOPER” inicia a sua atividade com a reparação e o fabrico de carroças e alfaias agrícolas manuais.

Alguns anos mais tarde, com o aparecimento dos primeiros tratores, começa a fabricar reboques e alfaias agrícolas, paralelamente com o fabrico de carroçarias para camiões. Desde

então, a “JOPER” tem vindo a aumentar a sua dimensão, diversificando também a sua gama de produtos fabricados, sendo os reboques agrícolas, reboques cisternas para a pecuária, reboques tanques para água e gásóleo apenas alguns dos produtos fabricados.

Atualmente a JOPER exporta alfaias, reboques e cisternas para 14 países, distribuídos pelos continentes Europeu, Americano e Africano. A sua gama de produtos é essencialmente de pequena capacidade – 1800 a 6000 litros – sendo que também produzem cisternas com 8000, 10000 e 11000 litros, como se pode observar na Tabela 1.

## **3.2. Empresas estrangeiras**

### **3.2.1. Pichon**

Localizada em Guipavas perto de Brest, França, a “Pichon” é uma empresa que se encontra no mercado das máquinas agrícolas desde 1970, sendo que desde 1976 a empresa se dedica à produção e venda de cisternas agrícolas, nomeadamente para o transporte de estrume. Desde então que a “Pichon” tem vindo a crescer e a afirmar-se como o fabricante de cisternas agrícolas líder em França, sendo que um dos pontos fortes da empresa é a construção de acordo com as especificações do cliente.

Com mais de 40 anos de experiência, a “Pichon” encontra-se presente em 45 países em todo o mundo. A sua gama de produtos é muito vasta, sendo que produzem cisternas com capacidades desde 2500 litros até 30000 litros (ver Tabela 1)

### **3.2.2. Joskin**

Criada em 1968 por Victor Joskin, a “Joskin” foi-se desenvolvendo até ser uma das marcas de cisternas e materiais agrícolas mais reconhecíveis no mundo. A empresa está presente principalmente na Europa, mas também em muitos outros países do mundo. A sua gama de produtos vai desde cisternas de capacidade de 2500 litros até 20000 litros, conforme se pode observar na Tabela 1.

### 3.3. Gama de produtos da Growstamp

Com base numa pesquisa dos produtos que as várias empresas anteriormente apresentadas fabricam, foi feita a escolha da gama de produtos que a Growstamp deverá fabricar e comercializar para fazer concorrência às ditas empresas, como se pode observar na Tabela 1

Tabela 1 - Gama de produtos produzidos pela concorrência

Capacidade	Herculano	JA&MA	JOPER	Pichon	Joskin	Growstamp
1800L						
2500L						
3000L						
4000L						
5000L						
6000L						
7000L						
8000L						
9000L						
10000L						
11000L						
12000L						
13000L						
14000L						
15000L						
16000L						
18000L						
20000L						
22000L						
24000L						
26000L						
27000L						
30000L						

De notar que a cada capacidade de cisterna não corresponderá apenas um modelo. Por exemplo, para as cisternas com capacidade de 8000 litros, haverá um modelo base ou “económico”, de designação GS8000E, um outro que já terá alguns acessórios que não estarão presentes no modelo económico, como por exemplo suspensão na cabeçalha, e que terá a designação GS8000 e ainda um outro modelo que em vez de ter apenas um eixo terá dois e terá a designação GS8000\_2EX. A acrescentar a estes modelos base, existe ainda uma ampla gama de acessórios que poderão ser montados em quaisquer modelos e isso permitirá ao cliente fazer uma cisterna mais à sua medida em vez de comprar uma cisterna com acessórios que não lhe seriam úteis fazendo portanto com que o cliente gastasse mais dinheiro

desnecessariamente, o que seria com certeza desinteressante para o cliente e poderia tornar o produto da Growstamp menos apelativo.

#### **4. Legislação relativa a cisternas agrícolas**

Após uma pesquisa de vários diplomas legislativos, foram reunidos os dados mais pertinentes para a criação deste projeto, estando estes listados em seguida.

- Largura máxima da cisterna: 2,55 metros<sup>1</sup>
- Altura máxima da cisterna: 4 metros<sup>1</sup>
- Comprimento máximo da cisterna (3 ou mais eixos): 16,5 metros<sup>1</sup>
- Distância do eixo da cavilha à traseira do reboque: 12 metros<sup>1</sup>
- Peso máximo do reboque (3 ou mais eixos): 24 toneladas<sup>1</sup>

No ANEXO A – Legislação relativa a cisternas agrícolas, encontram-se os diplomas a partir dos quais foi elaborada a listagem anterior. Esta compilação da legislação foi feita para eventualidade de o cliente desejar homologar a cisterna, tendo já, assim, as normas relativas à homologação.

---

<sup>1</sup> Retirado da Portaria 1092/97 (ver ANEXO A – Legislação relativa a cisternas agrícolas)

## 5. Identificação das necessidades do cliente

Após uma reunião com o cliente, na qual este explicou que a cisterna seria montada num *dumper* que já possuía (ver Figura 8), procedeu-se à identificação das necessidades que o cliente pretendia do produto.

Os *dumpers*, ou camiões articulados, são camiões basculantes bastante utilizados em locais de obra, devido à sua capacidade de movimentação em caminhos acidentados. Nas Figura 8 e Figura 9 encontram-se os desenhos relativos ao modelo do *dumper* do cliente. A cuba será para ficar montada na parte traseira, ou reboque.

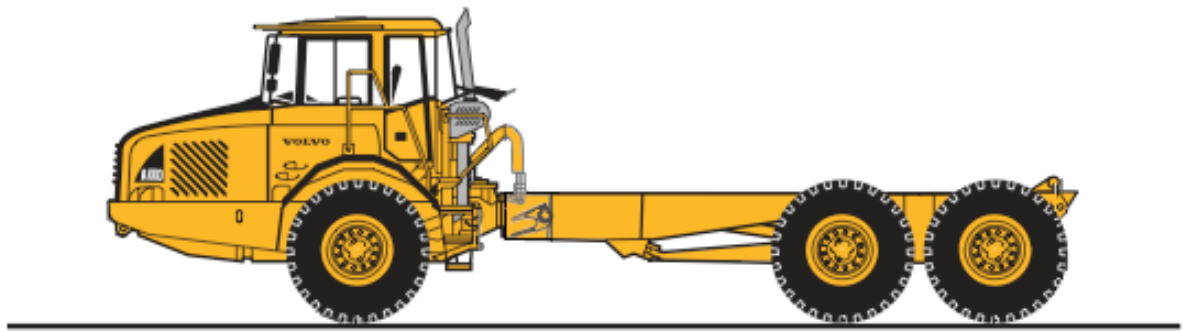


Figura 8 - Dumper Volvo A25D, vista lateral

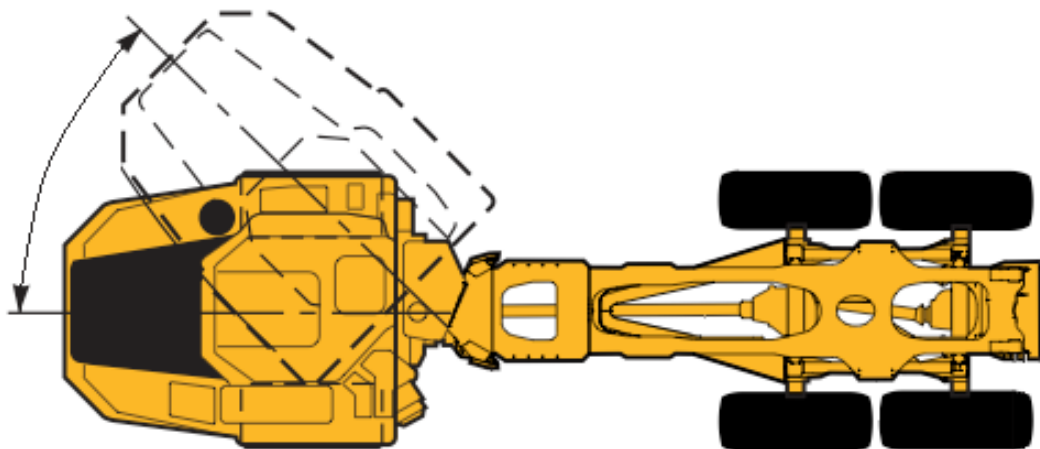


Figura 9 - Dumper Volvo A25D, vista superior

## 5.1.Capacidade e dimensões exteriores

O cliente pretendia que lhe fosse fornecida uma cuba com vinte mil litros de capacidade para montagem no *dumper* que já possuía. A cuba deveria ter 6 metros de comprimento e, segundo exigência do cliente, deveria ser construída em chapa de 8 milímetros de espessura. Uma vez que a cuba iria ser montada num *dumper*, era essencial que altura da cuba fosse o mais baixa possível por questões de deslocação na via pública. Deveria também ser desenvolvido e fornecido o sistema de montagem da cuba no *dumper*.

## 5.2.Segurança

Como o cliente já possuía uma válvula primária ficou acordado que esta não seria fornecida pela Growstamp, mas que apenas seria feita a picagem (assim se chama aos pontos de montagem dos acessórios) para a montagem posterior da válvula. Também ficou acordado que seria fornecida pela Growstamp uma proteção para a válvula, uma vez que esta iria ficar montada fora da cuba para permitir que o seu enchimento máximo, ficando portanto sujeita a ser danificada por ramos de árvores ou outros objetos.

A válvula do cliente é uma válvula da Battioni®. Apesar de não se saber qual o modelo da válvula, foi descrito pelo cliente como sendo uma válvula de duas bolas. Estas válvulas funcionam, tal como o nome indica, graças a duas esferas, sendo uma de plástico e outra de borracha. Como se pode observar na Figura 10, a bola de plástico (cinzenta, neste caso) encontra-se sempre em baixo e à medida que a água se aproxima da parte superior da cuba, vai fazendo com que a bola suba, empurrando a bola de borracha (bola preta). Esta bola de borracha vai então tapar o orifício da válvula, impedindo a passagem de água para a bomba.

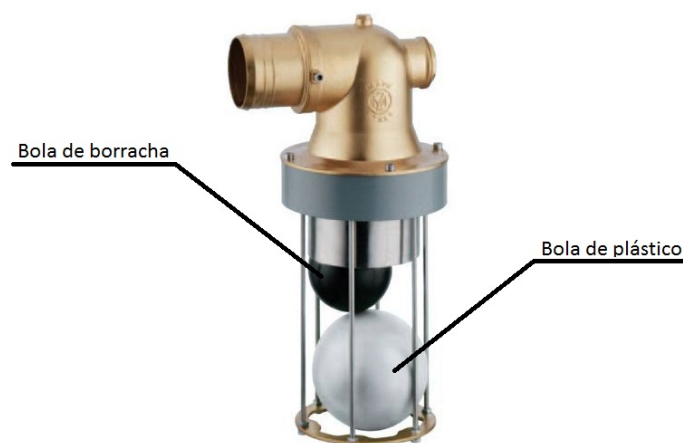


Figura 10 - Válvula primária de duas bolas

### **5.3.Acessibilidade**

Em termos de acessibilidade, a cuba deveria ter duas entradas de homem (acessos ao interior da cuba com vista a manutenção, reparações e lavagem do seu interior), uma no tampo posterior da cuba e outra na parte superior. Para além disso, a entrada de homem superior deveria ter algum tipo de proteção e deveria ser facilmente acessível a qualquer momento.

### **5.4.Acessórios**

O cliente quis que lhe fossem fornecidos algum acessórios, nomeadamente um espalhador de água em leque a ser montado na parte posterior da cuba, uma régua de espalhamento (acessório de rega que não é mais do que um tubo no qual são feitos furos pelos quais sai água) de largura igual à do veículo, a ser montada na parte inferior da cuba, um encaixe na parte superior da cuba para o acoplamento rápido de mangueiras para o seu enchimento, uma adufa manual de enchimento e uma adufa pneumática de descarga, ambas posteriores. O cliente também exigiu que fosse possível controlar de alguma forma o nível de enchimento da cuba.

## **6. Desenvolvimento do projeto**

Depois de identificadas as necessidades do cliente, puderam traduzir-se essas mesmas necessidades em especificações.

### **6.1.Capacidade e dimensões exteriores**

Começou-se por trabalhar nas dimensões exteriores da cuba, uma vez que seria a partir destas dimensões que se deveriam dimensionar os restantes componentes.

Dado que uma das exigências do cliente era que a cuba tivesse a menor altura possível e tendo em conta a capacidade (20000 litros) e comprimento (6000 milímetros) exigidos, optou-se por fazer uma cisterna elíptica em vez de cilíndrica. Apesar de isso tornar o fabrico da cuba mais complexo, concordou-se que esta solução iria de melhor forma ao encontro das necessidades do cliente. Uma vez que, de acordo com a legislação em vigor, a largura máxima dos reboque e semirreboques não pode ultrapassar os 2550 milímetros (conforme exposto na secção 4), foi essa a medida utilizada para a largura exterior da cuba.

Uma vez que a construção das virolas da cuba seriam executadas numa calandra manual, foi necessário dividir as virolas em quatro secções, iguais duas a duas . Assim sendo, e como se pode observar na Figura 11, existem duas secções de raio maior e duas secções de raio menor.

No entanto, e por uma questão de simplificação dos cálculos, estes foram efectuados como se o perfil fosse de facto uma elipse.

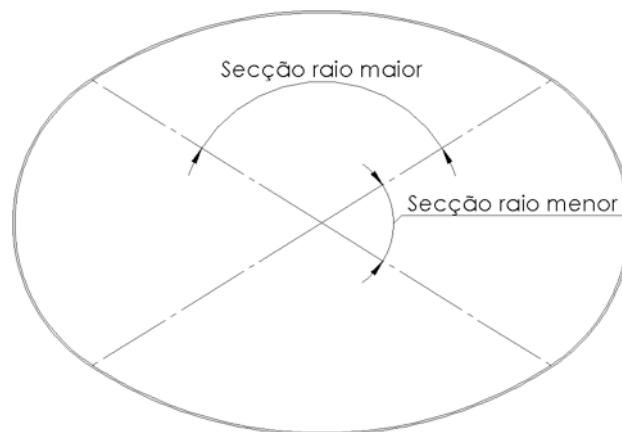


Figura 11 - Desenho do perfil da cisterna

Uma vez que a capacidade pretendida era de 20000 litros, sendo a área de uma elipse dada por  $A = \pi ab$  (em que  $a$  o semi-eixo maior e  $b$  o semi eixo menor), e uma vez que o volume de um cilindro de base elíptica é dado pelo produto da área com o comprimento do mesmo (neste caso 6 metros), tem-se que,

$$V = 6A = 6\pi ab$$

em que

$$a = \frac{2550-16}{2}$$

e que

$$b = \frac{x-16}{2}$$

pode-se dizer que

$$20000000000mm^3 \cong 6000 \left( \pi \times \frac{2550-16}{2} \times \frac{x-16}{2} \right)$$

Utilizando a equação anterior, é possível determinar o valor do semieixo menor. Assim,

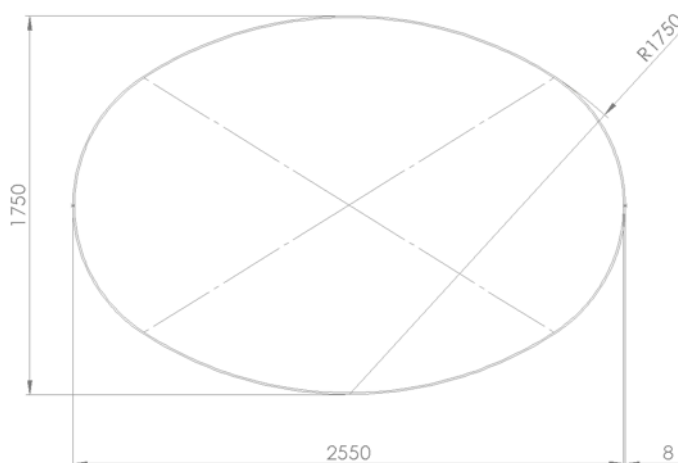
$$x = \frac{20000000}{3\pi} \times \frac{2}{2534} + 16 \cong 1690,87mm$$

No entanto, após reunião com elementos da produção da Growstamp, que têm o conhecimento e a experiência na construção de cisternas, optou-se por utilizar o valor de 1750mm para o eixo menor, não só por forma a dar uma maior capacidade à cuba, mas também para que o raio de curvatura das superfícies superior e inferior fosse maior,

traduzindo-se assim numa maior capacidade de resistência ao colapso devido ao vácuo, uma vez que quanto mais plana for uma superfície submetida a vácuo, mais facilmente esta tende a implodir. Assim sendo, o volume interior da cuba seria de

$$V = 6 \left( \pi \times \frac{2550-16}{2} \times \frac{1750-16}{2} \right) \cong 20706029,83 \text{mm}^3 \cong 20,71 \text{ litros}$$

Com estas dimensões, o perfil da cuba será o apresentado na Figura 12.



**Figura 12 - Perfil da cuba com as dimensões finais**

Para montagem no *dumper*, optou-se pela construção de berços (ver Figura 7), que não são mais do que suportes constituídos por três chapas, uma horizontal e duas verticais, sendo que a cuba fica assente nas chapas verticais que depois são soldadas à cuba. Ao chassis do *dumper* seriam soldadas chapas horizontais com furação (em igual número dos berços). Nas chapas horizontais dos berços também seria feita furação igual à das chapas a serem soldadas no chassis, de modo a que a ligação entre o chassis e a cuba fosse aparafusada.

## 6.2.Segurança

Existe um grande problema de segurança relativamente às cisternas. Uma vez que estas são para transporte de fluidos, é imperativo que exista algum tipo de contrabalanço ao movimento lateral e longitudinal do fluido, em especial numa cuba desta capacidade, pois o impacto de 20000 litros de fluido resultante de uma travagem brusca pode resultar no deslocamento do *dumper* mesmo depois de este estar imobilizado, podendo isso constituir um risco para o condutor ou para outras pessoas e veículos que se encontrem na zona do incidente. Por essa mesma razão e adoptando um sistema já utilizado pela Growstamp, decidiu-se que iriam ser montadas umas chapas transversalmente (chamadas anteparas transversais – ver Figura 7), que criam resistência ao movimento do fluido. Nessas chapas seriam criadas algumas

aberturas circulares que fazem com que o fluido, ao passar por essas aberturas, crie uma espécie de remoinho (devido às zonas de turbulência), o que também ajuda a resistir ao movimento do fluido. Esta ocorrência é análoga ao que acontece nos medidores de caudal de orifício (Figura 13).

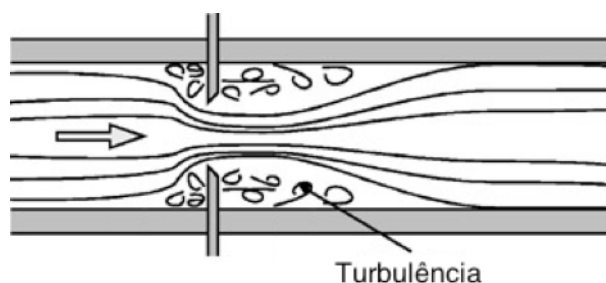


Figura 13 - Exemplo da turbulência causada por um orifício

Também se decidiu criar umas anteparas longitudinais (consultar Figura 7) para fazer resistência ao movimento lateral do fluido. Estas chapas deverão ter alguma quinagem, de modo a resistir da melhor forma ao embate do fluido. As anteparas longitudinais, ao contrário das transversais, não teriam quaisquer aberturas.

Um dos fatores que levou ao aumento da capacidade da cisterna (mencionada na secção 6.1) foi precisamente o facto de se saber que se iria perder capacidade devido às anteparas que iriam ser montadas no interior da cuba, uma vez que estas ocupam volume (ver Figura 7)

### **6.3.Acessibilidade**

Relativamente às duas entradas de homem (Figura 7), a Growstamp sempre usou um determinado modelo em todas as suas cisternas (excepto nas mais pequenas, de 2500 litros). Por isso, foi apenas necessário adaptar esse modelo a esta cuba, tendo em consideração a profundidade dos fundos copados.

Foi também exigida a criação de um acesso permanente à entrada de homem posterior. Optou-se pela criação de uma escada com uma plataforma que desse acesso à entrada de homem superior através da parte posterior da cuba. A partir da plataforma também se teria acesso ao encaixe tipo Bauer, que foi o escolhido para fazer o encaixe das mangueiras para enchimento rápido da cuba.

#### **6.4.Acessórios**

Por razões de custo, o cliente preferiu prescindir da subcontratação dos acessórios e das proteções (optando por fabricá-las ele próprio), exigindo apenas que fossem criadas as picagens para os acessórios e os encaixes para as proteções da válvula primária e da entrada de homem superior. Ficou portanto acordado que seria criada uma picagem na parte superior da cuba, junto à entrada de homem superior, para o encaixe Bauer, uma picagem na tampa da entrada de homem posterior para ser montada a adufa de descarga posterior, outra picagem no tampo posterior da cuba na qual seria montada a adufa de enchimento posterior e ainda uma picagem na parte inferior da cuba, na zona posterior, para montagem da régua de espalhamento. Todas as picagens deveriam ser de 6 polegadas. Para o controlo do nível de enchimento da cuba, ficou acordado que seriam montados seis visores “olho-de-boi” nos topos da cuba (três na parte posterior e outros tantos na parte anterior).

## 7. Modelação da cisterna e simulação com diferentes materiais

Tendo identificado os componentes que iriam influenciar a resistência da cuba à pressão e ao vácuo (as virolas, os fundos e as duas entradas de homem), procedeu-se à modelação dos mesmos fazendo uso do programa SolidWorks 2013, software disponibilizado pela empresa.

Apesar da a Growstamp já ter *know how* interno no fabrico de cisternas, herdado da anterior empresa “Neves&Santos”, nunca tinha sido feita uma cisterna elíptica de tão grande capacidade e por isso a necessidade acrescida de recorrer ao cálculo numérico (simulações) de modo a validar as opções tomadas. As simulações permitem rapidamente avaliar alterações de materiais, dimensões, carregamentos e outros fatores, de modo a ficar-se com uma noção de como a cisterna se poderá comportar perante diferentes situações. De notar que as simulações foram a nível estático, isto é, não se considerou o comportamento da cisterna enquanto estivesse em movimento, pois isso implicaria saber qual a utilização final da cisterna, utilização essa que não era conhecida.

Como já foi referido, uma cisterna agrícola é um recipiente que funciona tanto em vácuo como em pressão para fazer a sucção e expulsão do fluido (neste caso 0.8 e 1.5 bar, respectivamente) provocado por uma bomba de vácuo rotativa de palhetas (ver secção 2.1). Por isso, torna-se imprescindível dimensionar a cisterna corretamente pois um dimensionamento incorreto poderia levar à sua implosão devido ao vácuo (o que traria um prejuízo grande uma vez que esta se tornaria obsoleta) ou até mesmo à sua explosão devido à pressão, podendo causar danos materiais e, pior que isso, pondo em perigo as pessoas que estivessem próximas..

No presente trabalho foram realizados três modelos diferentes:

- a) O primeiro modelo foi realizado com o objetivo de avaliar numericamente as condições impostas pelo cliente, cuba elíptica de 20000 litros em chapa de 8 milímetros de espessura, e assim verificar a viabilidade do projeto.
- b) O segundo modelo foi realizado já depois da reunião com o cliente e depois de se terem identificado todas as suas necessidades e tê-las traduzido em especificações. Este modelo serviu para fazer os desenhos que seriam enviados para aprovação do cliente.
- c) O terceiro e último modelo é uma evolução do segundo, apenas com algumas alterações que o cliente pediu em relação ao que lhe tinha sido proposto.

## 7.1. Primeiro modelo - Modelo alfa - Simplificado

Um dos pontos críticos deste projeto foi o facto de ser uma cisterna de grande capacidade, com um valor de espessura relativamente baixo em comparação com os valores utilizados noutras cisternas. Já tinha sido feita na Growstamp, para este mesmo cliente, uma cisterna de 10000 litros, mas a espessura de parede utilizada fora de 10 milímetros, ao contrário dos 8 milímetros que o cliente exigiu que esta tivesse. Por isso, e como nunca tinha sido feito nada semelhante a este projeto, a capacidade da cuba para aguentar a pressão e o vácuo a que iria estar sujeita foi um ponto de preocupação. Para se poder avançar com este projeto e para haver um maior grau de confiança no que estava a ser feito, decidiu-se fazer algumas simulações, ainda que não fossem com o modelo final, mas que já permitiam algumas conclusões acerca da viabilidade do projeto e assim prosseguir com maior segurança. Assim sendo, foi criado um modelo simples, que mesmo não tendo as dimensões finais, já permitia ter uma noção dos pontos críticos da cuba.

Foram assumidas várias simplificações ao fazer estas simulações, simplificações essas que são enumeradas em seguida:

- Em termos de componentes considerou-se apenas a cuba, as entradas de homem e os berços.
- Uma vez que a profundidade com que os copados ficariam era ainda uma incógnita, assumiu-se que esta seria de cerca de 250 milímetros. Este valor foi assumido depois de uma verificação junto do fabricante dos fundos copados.
- Optou-se por fazer apenas simulações com a cuba submetida a vácuo (0,8 bar), uma vez que, com base em experiência anterior, se considera esta como sendo a situação mais crítica.

Os parâmetros a avaliar nestas simulações seriam portanto:

- O material da cuba e fundos, sendo as possíveis alternativas o aço S235JR e o S275JR (ver Tabela 2).
- A espessura da chapa dos fundos copados elípticos: considerando 8 milímetros e 10 milímetros.

Para realizar estas simulações foi necessário definir os parâmetros que caracterizam os materiais no SolidWorks. Uma vez que a simulação é apenas no regime elástico, apenas foram necessários os valores do módulo de elasticidade, o coeficiente de Poisson e a densidade do material. Para tal, retiraram-se estes valores dos certificados dos materiais

fornechidos pela Quantal Laser (que tem estes certificados uma vez que o aço S2235JR e o aço S275JR são bastante utilizados para corte de laser). Apresenta-se na Tabela 2 os valores necessários para definir os materiais.

**Tabela 2 – Propriedades mecânicas dos aços S235JR e S275JR**

Material	Módulo de Young (GPa)	Coefficiente de Poisson	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Tensão de rotura (MPa)	Tensão de cedência (MPa)
S235JR	210	0,28	7800	360	235
S275JR	210	0,28	7800	410	275

### **7.1.1. Resultado das simulações**

Como já foi referido na secção 7.1, para esta primeira simulação, que tinha por objetivo avaliar a viabilidade do projeto, foram consideradas diferentes espessuras dos fundos copados e diferentes aços, sendo que a cuba está submetida a um vácuo de 0,8 bar. Os resultados apresentados nas figuras seguintes mostram a distribuição da tensão de cedência e também a distribuição do fator de segurança. O fator de segurança é definido como sendo um parâmetro adimensional que permite discernir se o material falhou ou não. Isto é, se o fator de segurança for inferior ou igual a 1, então o material falhou ou está prestes a falhar. Se o valor do fator de segurança for superior a 1, então o material está seguro. Quanto maior o valor do fator de segurança, mais seguro é o material naquela zona. Para se estar do lado da segurança, definiu-se que o valor mínimo do fator de segurança seria 2.

## Aço S275JR

- Fundos com 10mm de espessura

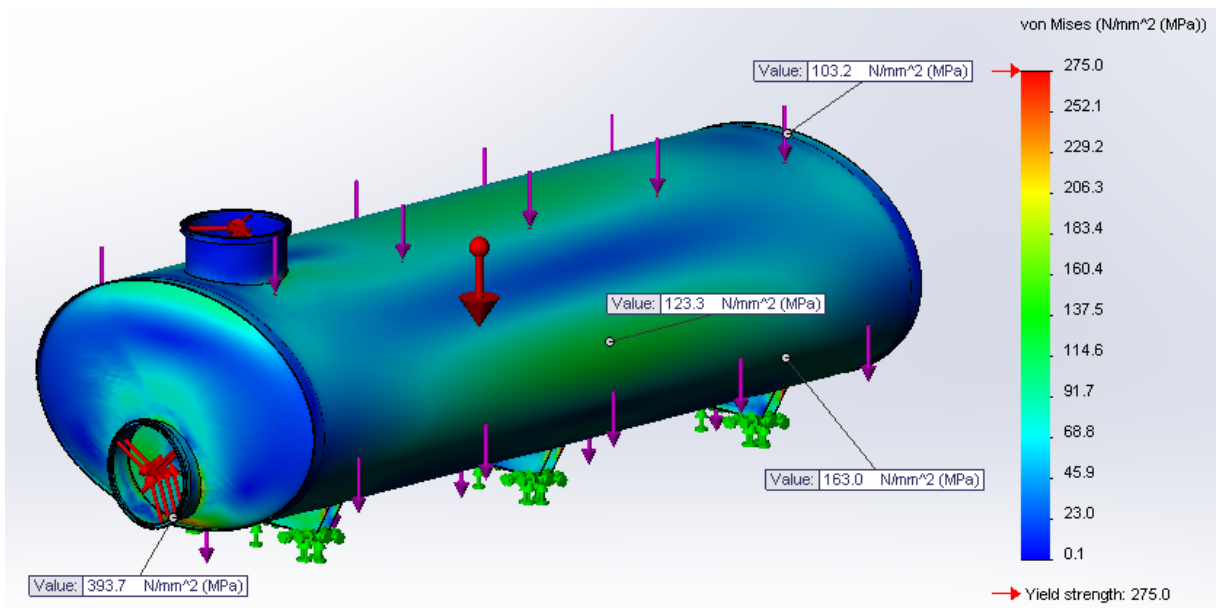


Figura 14 - Distribuição da tensão de Von Mises

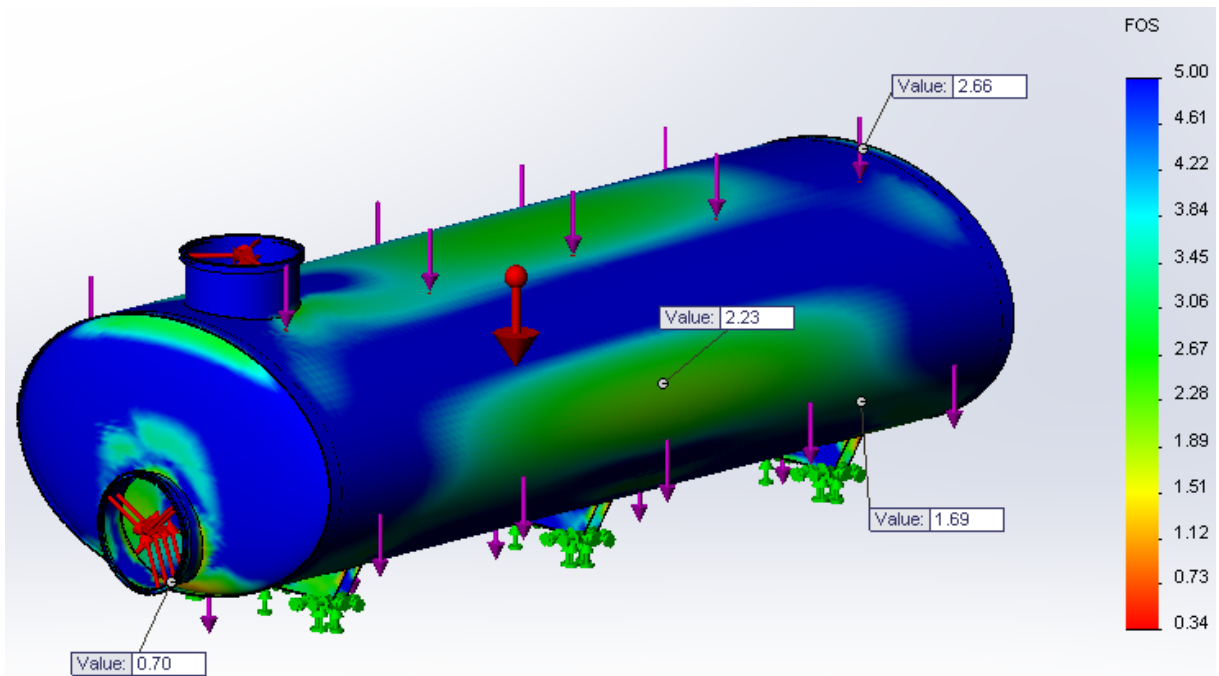


Figura 15 - Distribuição do fator de segurança

- *Fundos com 8mm de espessura*

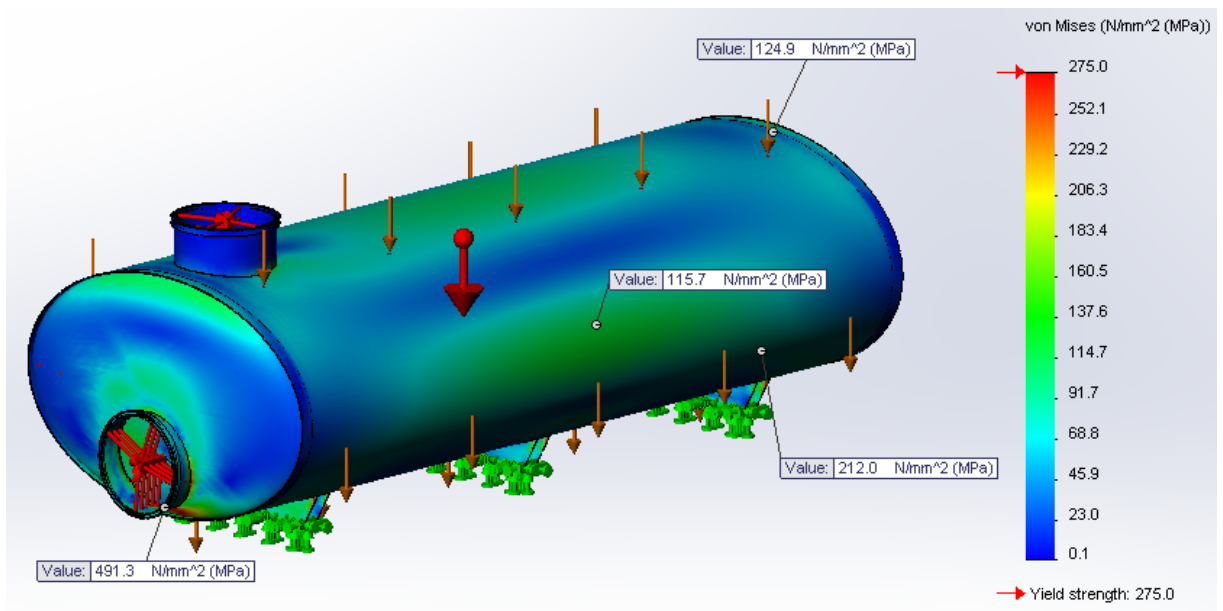


Figura 16 - Distribuição da tensão de Von Mises

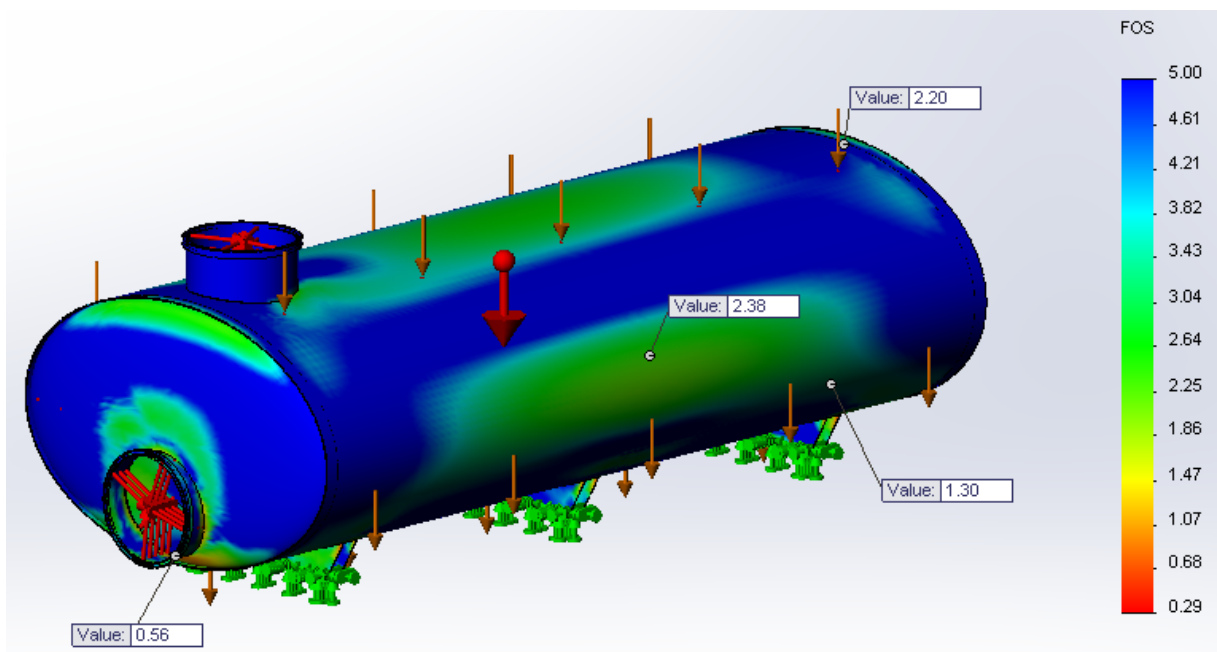


Figura 17 - Distribuição do fator de segurança

## Aço S235JR

- Fundos com 10mm de espessura

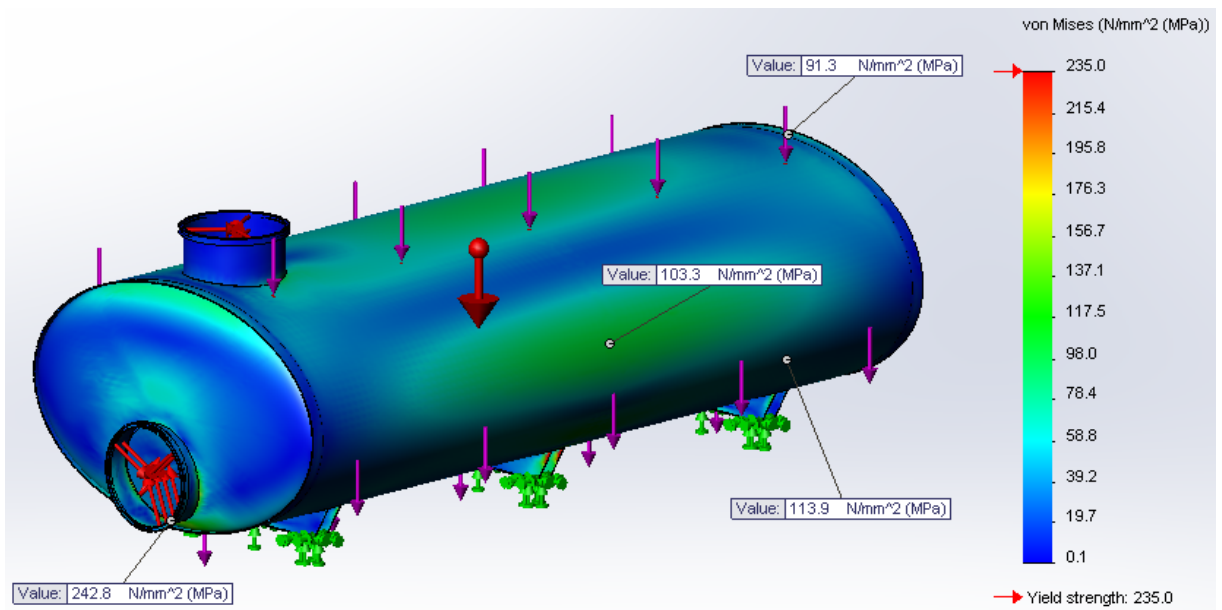


Figura 18 - Distribuição da tensão de Von Mises

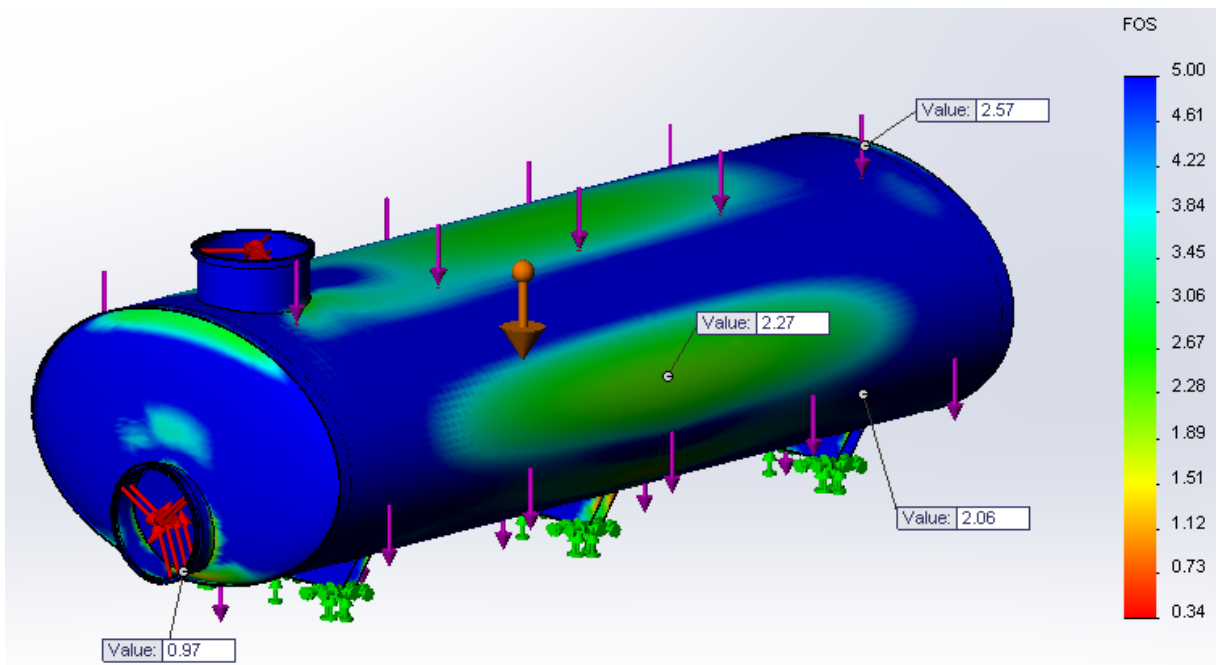
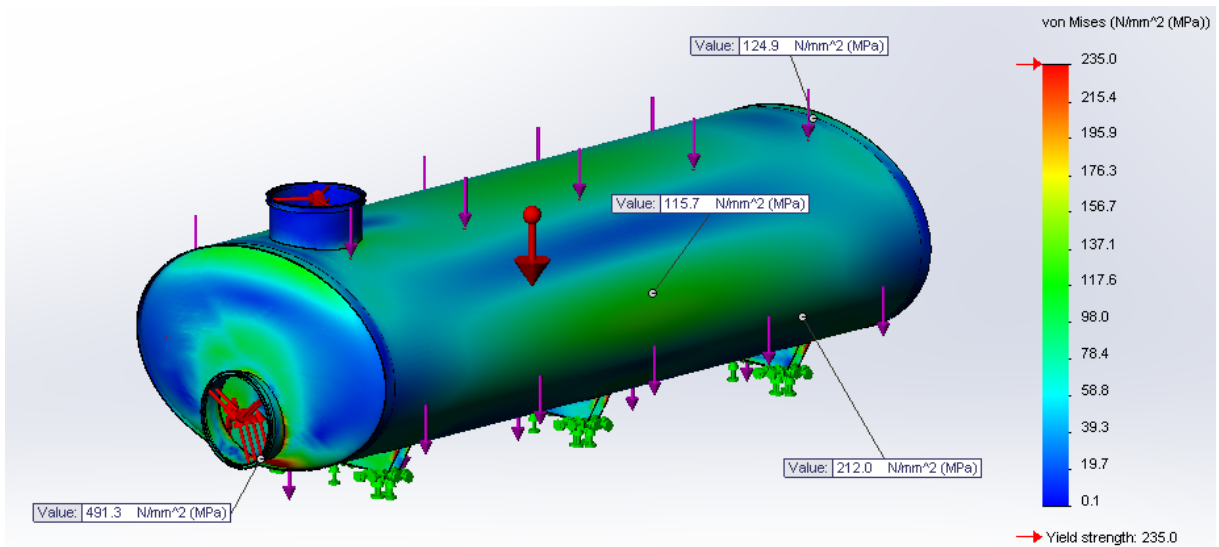
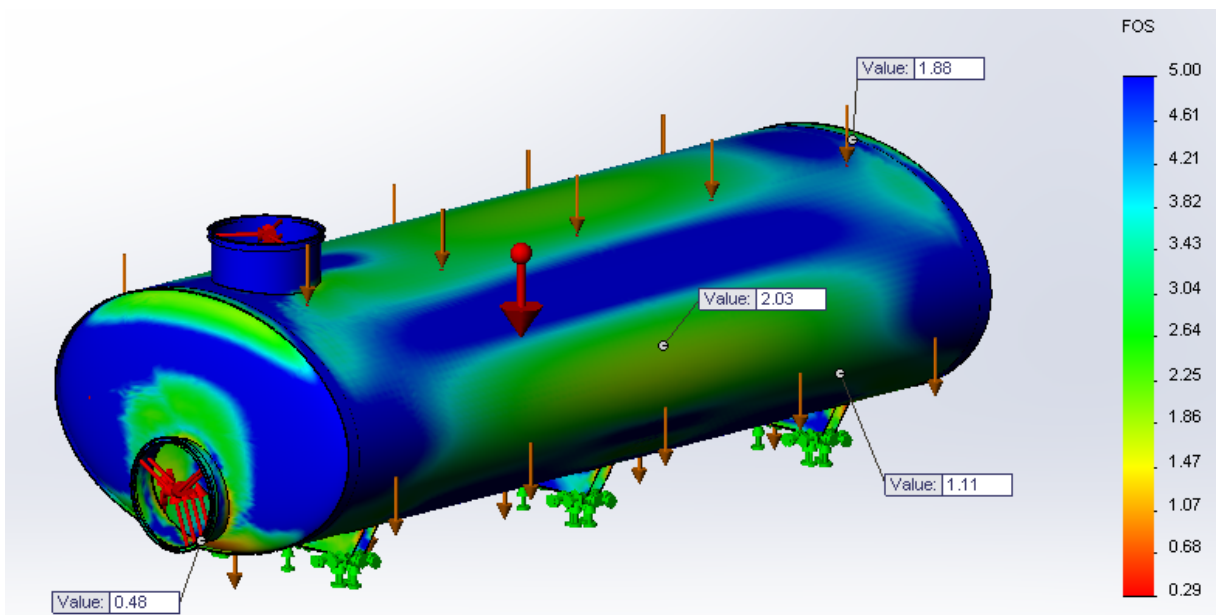


Figura 19 - Distribuição do fator de segurança

- **Fundos com 8mm de espessura**



**Figura 20 - Distribuição da tensão de Von Mises**



**Figura 21 - Distribuição do fator de segurança**

Como se pode constatar por observação dos resultados, principalmente pela distribuição do fator de segurança (Figura 15, Figura 17, Figura 19 e Figura 21), à medida que se utiliza um material com uma maior tensão de cedência, maior é o valor do fator de segurança, como seria de esperar. Entre os fundos com 8 milímetros de espessura ou com 10 milímetros, também é possível observar que o factor de segurança aumenta com o aumento da espessura.

Também se pode observar, por comparação da distribuição da tensão de Von Mises, que nos casos em que se utilizou o aço S235JR (Figura 18 e Figura 20), a tensão diminui na zona lateral da virola com uma maior espessura dos fundos (no caso dos fundos com 10mm de espessura a tensão nesse ponto é de 103,3 MPa e no caso em que os fundos têm 8mm de profundidade a tensão é de 115,7 MPa).

De notar a existência de uma zona crítica na parte inferior da entrada de homem posterior. Apesar de a tensão nessa zona ser muito superior à tensão de cedência do material em questão em qualquer um dos casos (sendo que no caso mais crítico, correspondente à simulação feita com o aço S235JR e com os fundos de 8mm, esse valor da tensão é de 491,3 MPa e o do fator de segurança é de 0,48), decidiu-se não ter em consideração os resultados da simulação para esta zona uma vez que este modelo da entrada de homem e a forma como é soldada ao tampo nunca foi causa de problemas noutras cisternas construídas pela Growstamp.

Depois de se ter em consideração todas estas conclusões ficou decidido que se poderia avançar com o projeto, pois até com o aço S235JR e com as espessuras de chapa exigidas pelo cliente o projeto era exequível.

## **7.2.Segundo modelo (para aprovação do cliente) – Modelo beta**

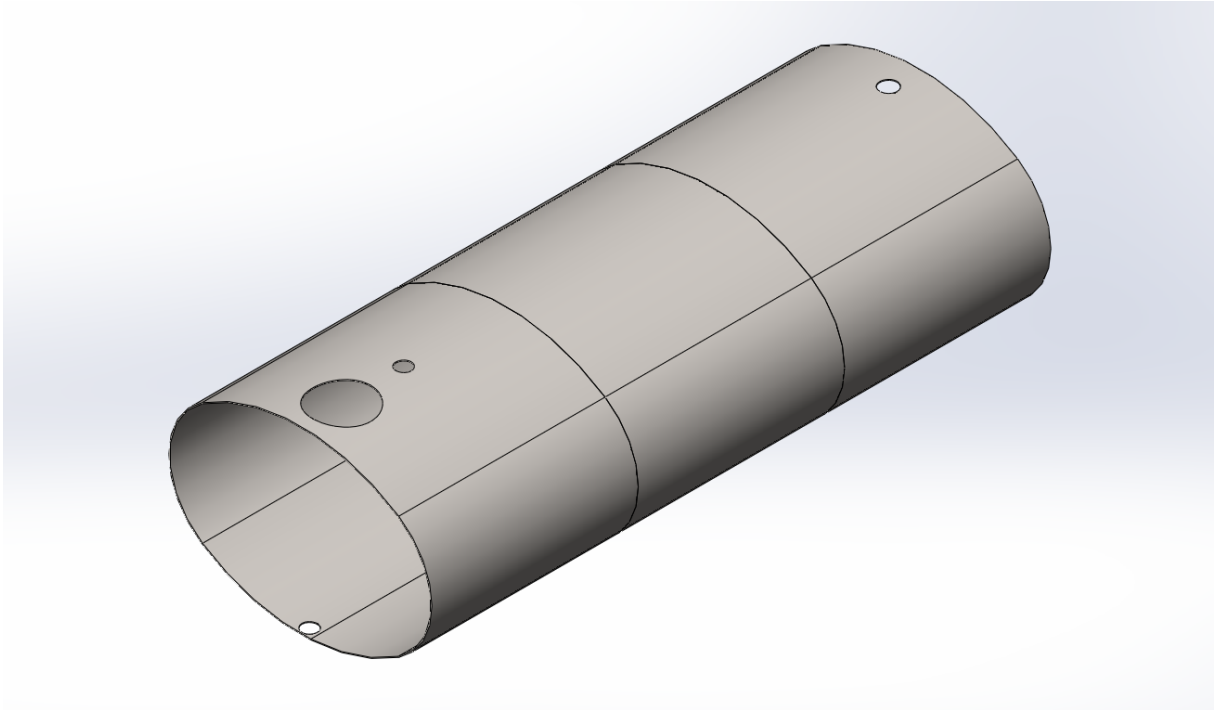
### **7.2.1. Componentes da cisterna**

Com base nos resultados das simulações efetuadas, considerou-se que havia margem para avançar com o projeto. O primeiro passo foi o de listar todos os componentes que seria necessário fabricar para produzir a cisterna (tabela presente no ANEXO B – Listagem inicial dos componentes da cisterna).

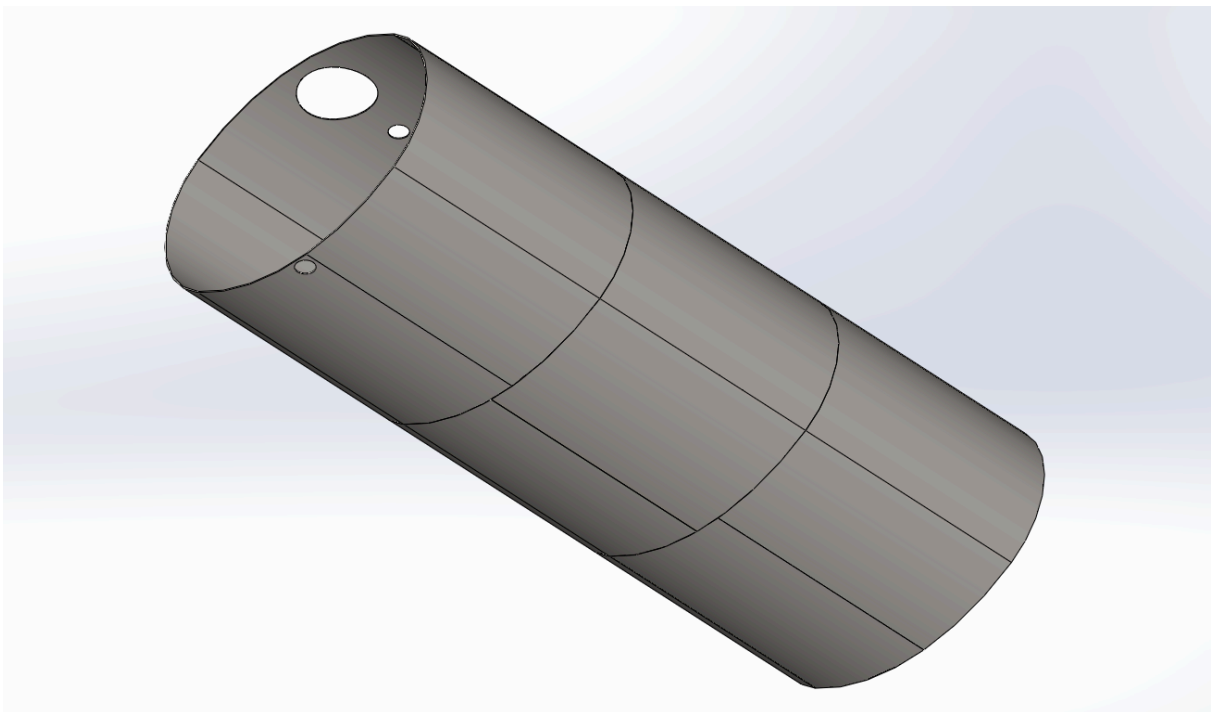
Depois de ser ter listado todos os componentes, avançou-se para a criação dos desenhos de conjunto para aprovação do cliente. Seguidamente encontra-se uma pequena descrição de como as partes foram pensadas e do raciocínio por trás das decisões tomadas.

#### **a) Virola**

Como já foi mencionado na secção 6.1, as dimensões finais exteriores da virola seriam: comprimento, 6000 milímetros; largura, 2550 milímetros; altura, 1750 milímetros; raio maior, 1750 milímetros. No entanto não é possível, devido às limitações da calandra, calandrar uma chapa com 6000 mm de largura e mesmo que fosse possível não seria prático de manusear. Por essa mesma razão, a virola foi dividida em três secções de igual comprimento (2000 milímetros (ver Figura 22)). Na secção anterior (ou virola anterior), na qual iria ser montada a válvula Battioni, foi feito um furo de 150 milímetros de diâmetro para levar a picagem para a válvula. A virola do meio, como não iria ter nenhum acessório montado, não necessitou de qualquer tipo de furação. Na virola posterior foi necessário fazer três furos: um de 562 milímetros na parte superior para a entrada de homem, outro também na parte superior para a picagem para o encaixe Bauer e outro na parte inferior para a picagem para a régua de espalhamento. Através das simulações realizadas, cujos resultados se encontram na secção 7.1.1, chegou-se à conclusão que o material a escolher deveria ser o S235JR uma vez que servia para o projeto e é normalmente mais barato que o S275JR. No entanto, foi descoberto um fornecedor que tinha disponíveis chapas de S355JR ao mesmo preço das de S235JR. Ainda tinha a vantagem de cortar a chapa à medida pretendida, o que quer dizer que cada virola teria apenas uma soldadura longitudinal. Por essa mesma razão, optou-se por utilizar o aço S355JR para fabrico das virolas. Na Figura 23 pode observar-se os cordões de soldadura longitudinais de cada uma das secções da virola. Decidiu-se que os cordões deveriam ficar desfasados para que não houvesse continuidade (devido à concentração de tensões).



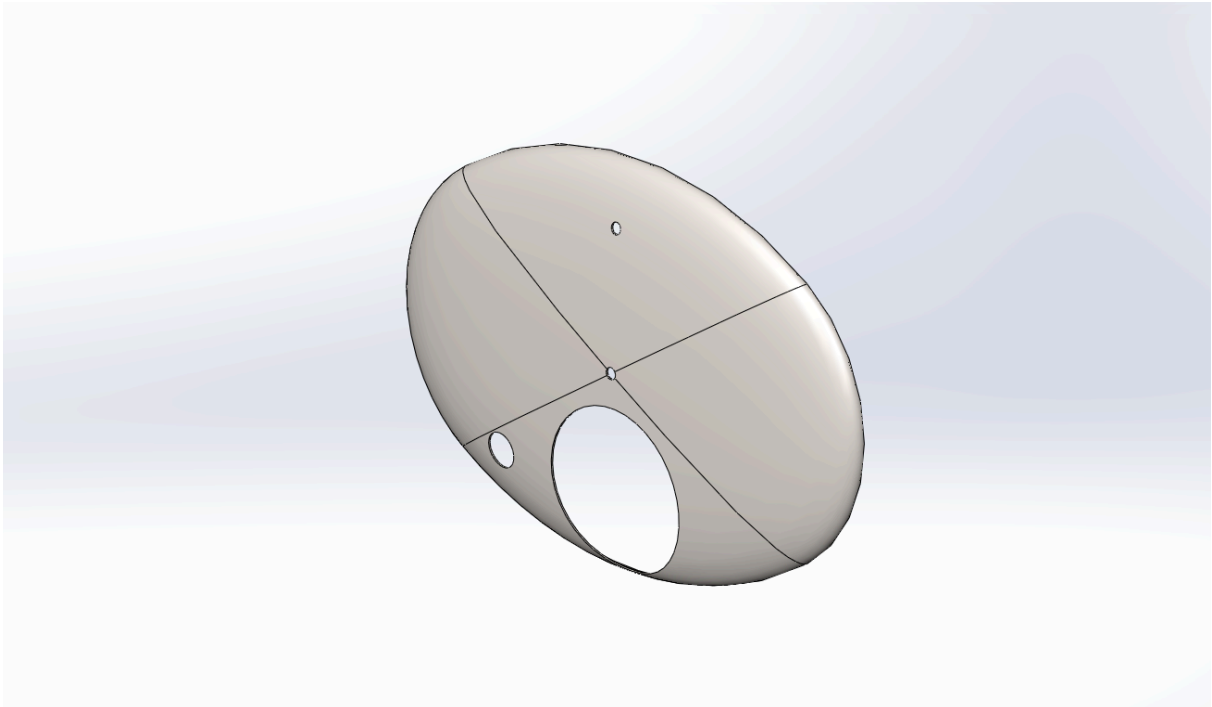
**Figura 22 - Virola, vista de cima**



**Figura 23 - Virola, vista de baixo**

### ***b) Fundo elíptico posterior***

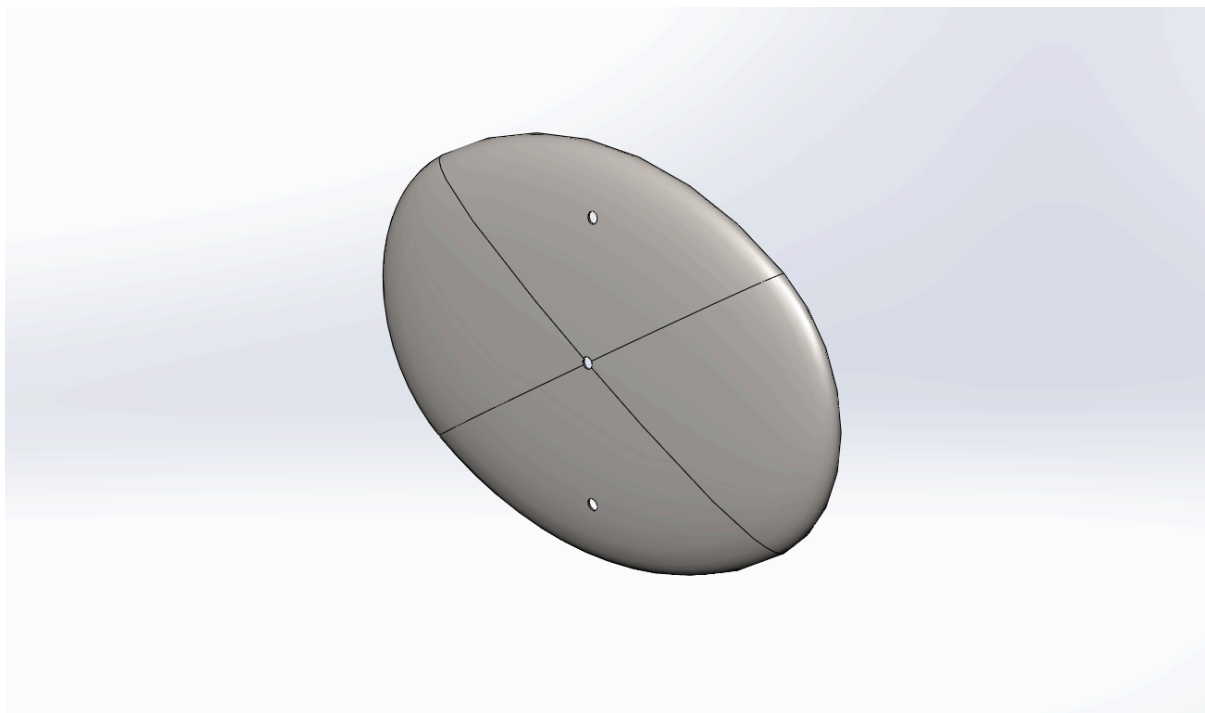
Após conversa com o fornecedor dos fundos copados, e depois de este expor as limitações da sua máquina e a rudimentaridade do processo de criação de um fundo elíptico copado (que é bastante mais difícil de fazer do que um fundo elíptico cilíndrico) ficou decidido que o fundo teria uma máximo de profundidade de 250 milímetros e a altura e largura deveriam ser 1734 e 2534 milímetros, respetivamente. Ainda, teriam de ser feitos 2 furos, um centrado e o outro a distar 600 milímetros para cima do furo central, para serem montados os visores “olho de boi”. Também teria de ser feito um furo (708 milímetros de diâmetro) para a entrada de homem posterior e ainda um furo de diâmetro de 150 milímetros para a picagem para a adufa de descarga posterior. Depois dos resultados da simulação com o modelo alfa, ficou decidido que o material a utilizar seria o aço S275JR, não só por uma questão de segurança mas também porque era o único, entre o S275JR e o S355JR, que o fabricante dos fundos tinha capacidade para moldar na sua máquina. A espessura da chapa deveria ser 8 milímetros, uma vez que o fabricante também não garantia que conseguisse fazer os fundos se a espessura da chapa fosse de 10 milímetros.



**Figura 24 - Fundo elíptico posterior**

### ***c) Fundo elíptico anterior***

As dimensões do fundo anterior seriam exatamente as mesmas das do fundo posterior, apenas teriam de ser feitos 3 furos, um centrado e os outros dois a distar 600 milímetros do furo central, para montagem dos visores “olho de boi”.



**Figura 25 - Fundo elíptico anterior**

### ***d) Entrada de homem posterior***

Tanto para a entrada de homem posterior como para a entrada de homem superior, a Growstamp utiliza os mesmos modelos. No entanto e como estes apenas existiam em 3D, foi necessário criar os desenhos 2D para o fabrico das peças. O único componente que teve de ser modificado foi o corpo da entrada de homem (componente 4.2 da lista do ANEXO B – Listagem inicial dos componentes da cisterna) que teve de ser adaptado para a profundidade do fundo copado. Todas as peças relativas às chapas a serem produzidas para a entrada de homem posterior seriam feitas em aço S235JR, que é o material normalmente utilizado para a construção deste componente.

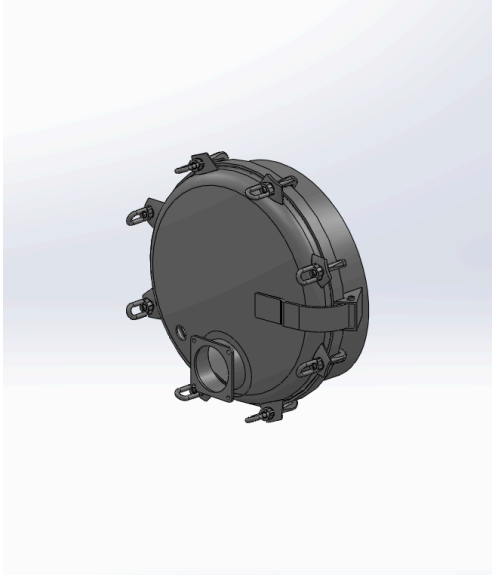


Figura 26 - Entrada de homem posterior

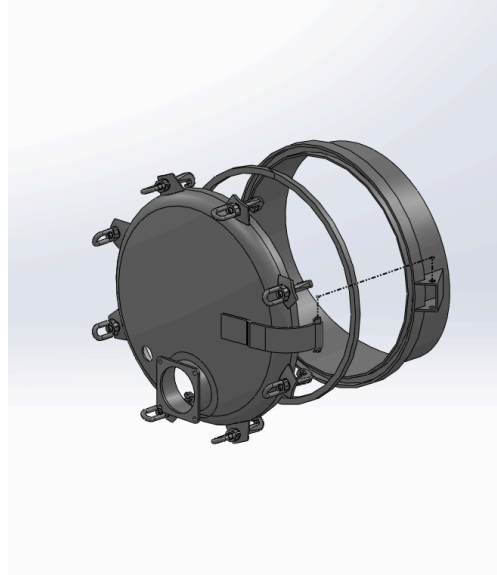


Figura 27 - Entrada de homem posterior (vista explodida)

***e) Entrada de homem superior***

À semelhança da entrada de homem posterior, o único componente da entrada de homem superior que teve de ser modificado para este projeto foi o corpo da entrada de homem (componente 5.2 da lista do ANEXO B – Listagem inicial dos componentes da cisterna) o qual teve de ser adaptado ao raio maior da cuba (1750 mm). À semelhança da entrada de homem posterior, as peças relativas às chapas a serem produzidas para este componente seriam feitas em aço S235JR. Nas Figura 28 e Figura 29 encontram-se os desenhos 3D da entrada de homem superior.

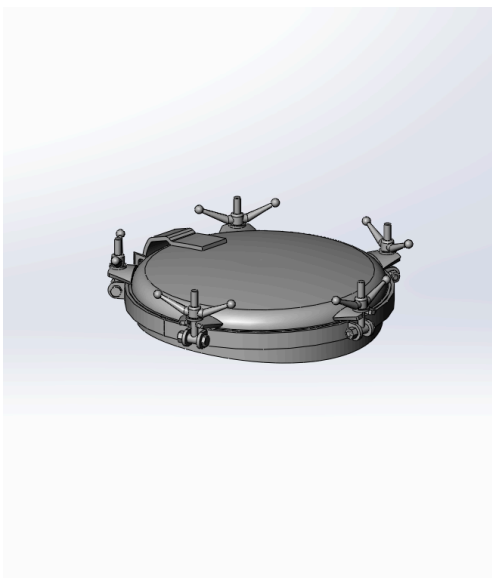


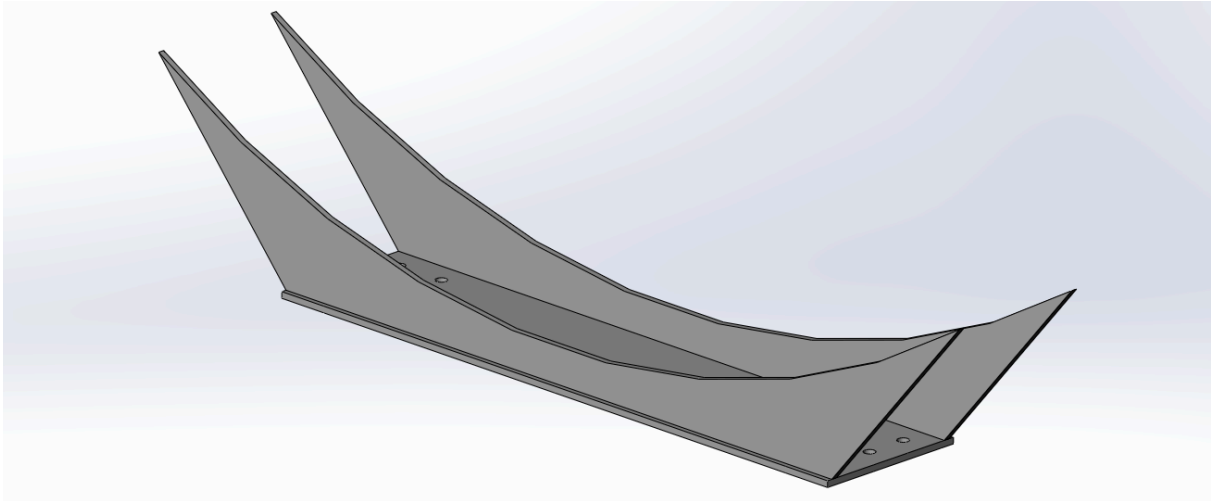
Figura 28 - Entrada de homem superior



Figura 29 - Entrada de homem superior (vista explodida)

### ***f) Berços***

Tal como já foi exposto na secção 6.1, os berços mais não são do que suportes constituídos por três chapas, uma horizontal e duas verticais, sendo que a cuba ficaria assente nas chapas verticais que depois seriam soldadas à cuba.



**Figura 30 - Berço**

### ***g) Escada***

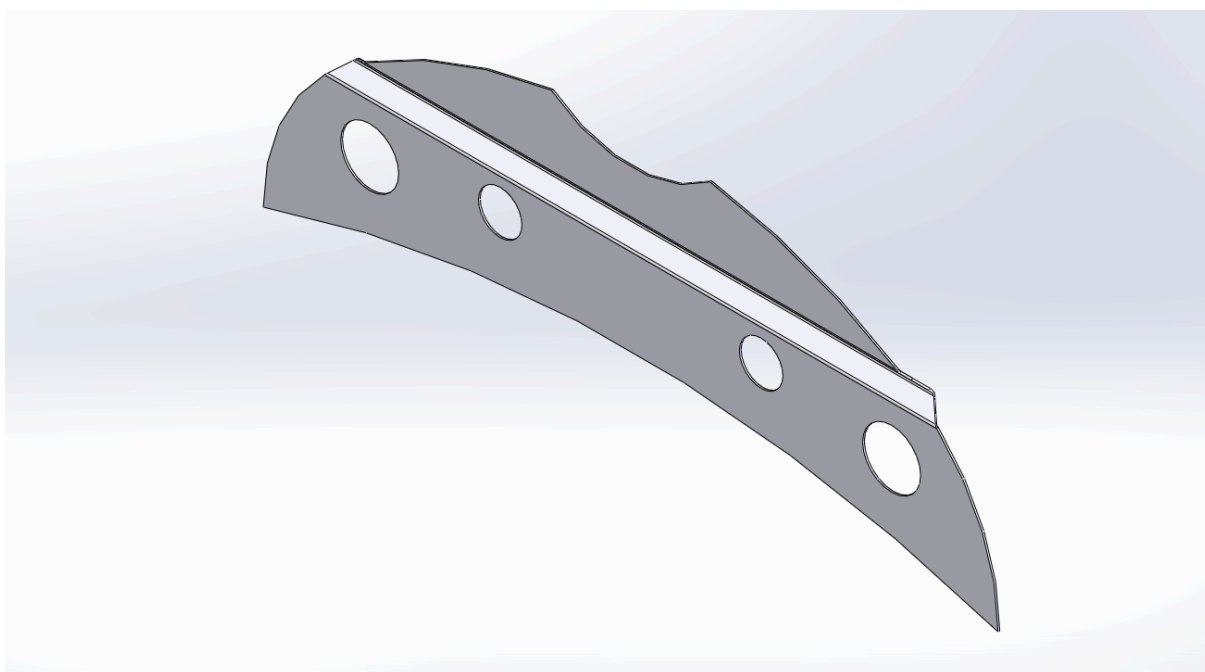
Depois de cuidada ponderação sobre o assunto, optou-se por fazer uma escada que desse para ser montada posteriormente. Isto é, que fosse independente da cuba. Isto prende-se com o facto de a cuba ir ser galvanizada e ser mais fácil galvanizar a escada de forma independente e montá-la depois.



**Figura 31 - Escada**

#### ***h) Antepara transversal superior***

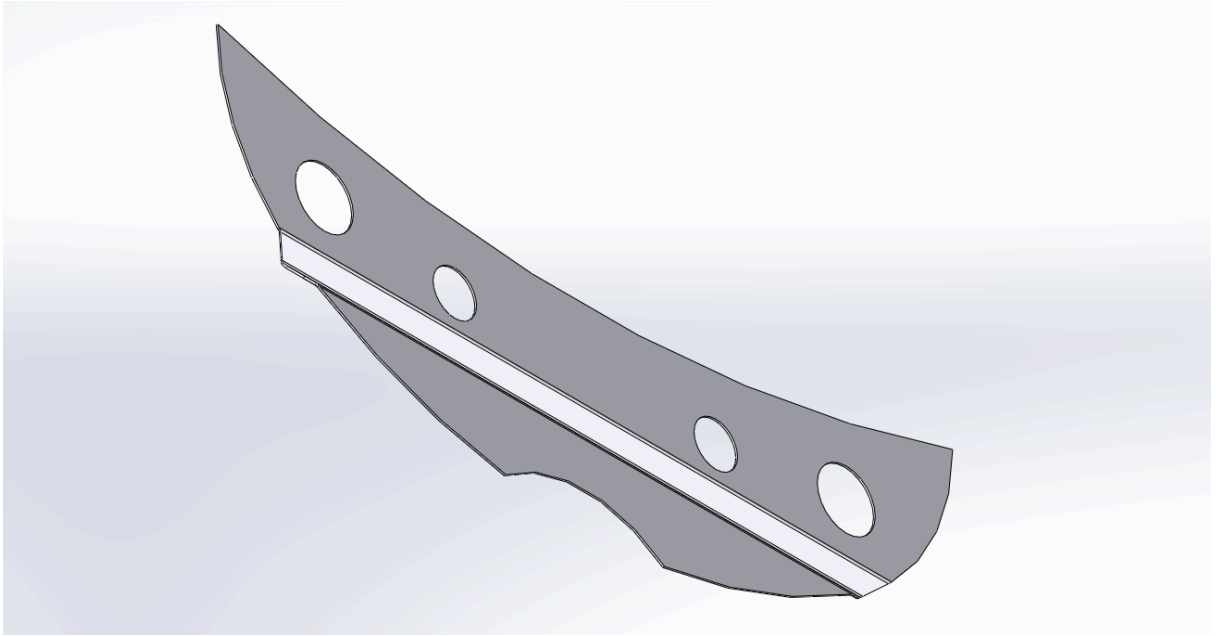
Tal como já foi exposto na secção 6.2, as anteparas transversais são chapas com furação e quinagem, que têm como função minimizar o impacto causado pelo movimento da água. Ficou decidido, após reunião com o cliente, que seriam fabricadas três anteparas. No entanto, restava a dúvida de qual seria a melhor montagem para as anteparas: se deveriam ser soldadas diretamente à cuba ou se deveriam ser aparafusadas a umas orelhas que, essas sim, seriam soldadas à cuba.



**Figura 32 - Antepara transversal superior**

#### ***i) Antepara transversal inferior***

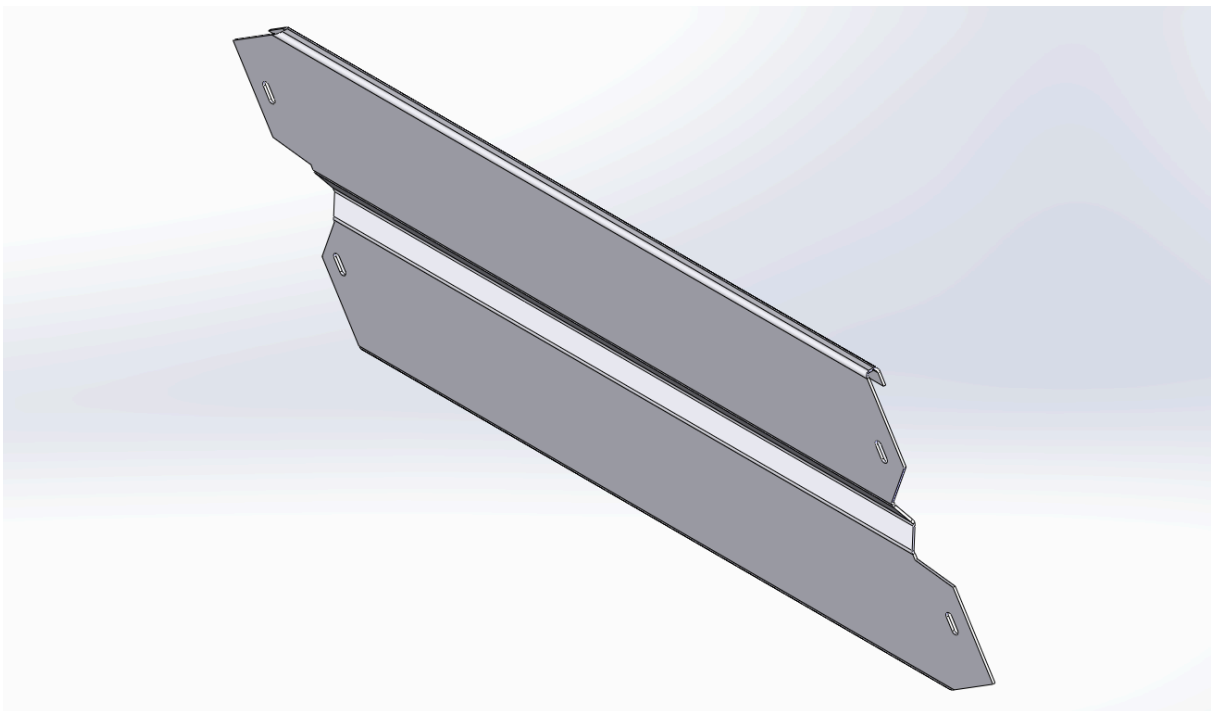
À semelhança das anteparas transversais superiores, a antepara inferior é uma chapa quinada e com furos. No entanto, foi decidido em conjunto com o cliente que uma antepara transversal inferior seria suficiente um vez que, quando a antepara inferior faz mais efeito (que é quando a cuba está pouco cheia) a massa de água não é suficiente para exigir mais que uma antepara. Decidiu-se que esta antepara seria aparafusada à cuba através de orelhas que seriam soldadas no interior da cuba, uma vez que não era necessário mais rigidez na parte inferior da cuba, pois essa parte já tinha uma elevada rigidez devido aos berços.



**Figura 33 - Antepara transversal superior**

***j) Antepara longitudinal***

Também na secção 6.2 foi mencionado que seriam construídas anteparas longitudinais por uma questão de segurança. Estas anteparas têm também o objetivo de restringir de alguma forma o movimento lateral da água.



**Figura 34 - Antepara transversal**

### 7.2.2. Materiais

Depois de desenhados todos os componentes, foram criados os desenhos 2D e enviados ao cliente para aprovação. Estes desenhos encontram-se no ANEXO C – Desenhos enviados para o cliente para aprovação.

Para proceder às simulações com este novo modelo foi necessário definir os diferentes materiais de cada componente. De notar que os únicos componentes que foram considerados para a simulação foram as virolas, os fundos copados, os berços e as entradas de homem ( corpo, tampa e os aros de cada uma delas) uma vez que são esses os que efetivamente constituem a cuba.

O material utilizado para a construção dos berços foi o DOMEX 460 MC. Esta escolha prendeu-se com o facto de a Quantal, que iria produzir todos os componentes cortados a laser, ter este tipo de chapa em stock a um preço extremamente baixo (mais baixo até que o aço S235JR) e por isso decidiu-se que todas as peças que seriam cortadas a laser iriam ser feitas neste material. Para além dos berços, isso inclui a escada (exceto a plataforma e degraus, que teriam de ser em chapa antiderrapante do tipo “folha de oliveira”), todas as orelhas para fixação da escada, as anteparas e ainda as flanges.

Depois de se considerar a opinião do fabricante dos fundos copados, optou-se pela utilização do aço S275JR para o fabrico dos mesmos. Esta decisão prendeu-se com o facto de o fabricante dos fundos copados estar receoso da capacidade da sua máquina em conseguir deformar uma chapa com uma tensão de cedência elevada (como seria o caso se se utilizasse o aço S355JR). Também se descartou a hipótese de fazer os fundos com 8 milímetros de espessura uma vez que o fabricante achou que não conseguiria fazer o que era pretendido com uma chapa tão espessa.

De acordo com a experiência da Growstamp, o material a utilizar nas entradas de homem deveria ser o aço S235JR (já descrito na Tabela 2) e por isso foi esse o utilizado neste projeto.

Para os berços utilizou-se o DOMEX<sup>®</sup> 460MC por uma questão de disponibilidade do material. Na Tabela 3 estão as propriedades mecânicas deste aço.

**Tabela 3 - Propriedades mecânicas do DOMEX 460 MC**

Material	Módulo de Young (GPa)	Coefficiente de Poisson	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Tensão de rotura (MPa)	Tensão de cedência (MPa)
DOMEX 460 MC	210	0,28	7800	530	460

Pelas simulações corridas com o modelo inicial, foi possível perceber que o aço S235JR satisfaria as necessidades deste projeto. No entanto, e como já foi referido na secção 7.2.1, optou-se por utilizar o aço S355JR por uma questão de disponibilidade. Para tal, foi também necessário definir o material no programa SolidWorks, sendo as características deste aço apresentadas na Tabela 4.

**Tabela 4 - Propriedades mecânicas do aço S355JR**

Material	Módulo de Young (GPa)	Coefficiente de Poisson	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Tensão de rotura (MPa)	Tensão de cedência (MPa)
S355JR	210	0,28	7800	470	355

### 7.2.3. Validação numérica e tipo de montagem das anteparas

Uma vez definidos os materiais a utilizar na construção dos componentes, foi necessário tomar uma decisão relativamente à construção da cisterna. Foi necessário decidir se as anteparas transversais superiores deveriam ser montadas com parafusos em orelhas soldadas ao interior da cuba ou se deveriam ser diretamente soldadas à cuba. Esta era uma questão extremamente pertinente pois poderia influenciar a resistência da cuba. Sendo assim, a simulação realizada tinha os seguintes parâmetros fixos:

- Cuba submetida a 0,8 bar de vácuo
- Virolas em aço S355JR
- Entradas de homem (tanto a posterior como a superior) em aço S235JR
- Berços em DOMEX 460MC

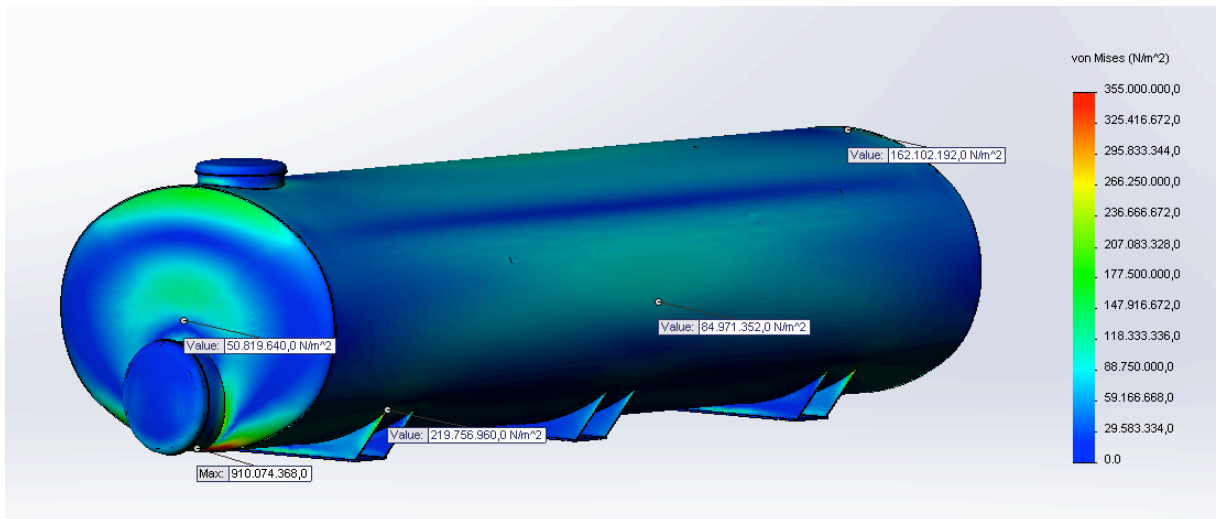
O que iria variar nesta simulação seria, portanto, a existência ou não das anteparas transversais superiores, sendo que a simulação sem anteparas representa a montagem das anteparas com parafusos e a simulação com anteparas representa a montagem das anteparas por soldadura.<sup>2</sup>

Seguidamente apresentam-se figuras nas quais estão presentes a distribuição da tensão e a distribuição do fator de segurança.

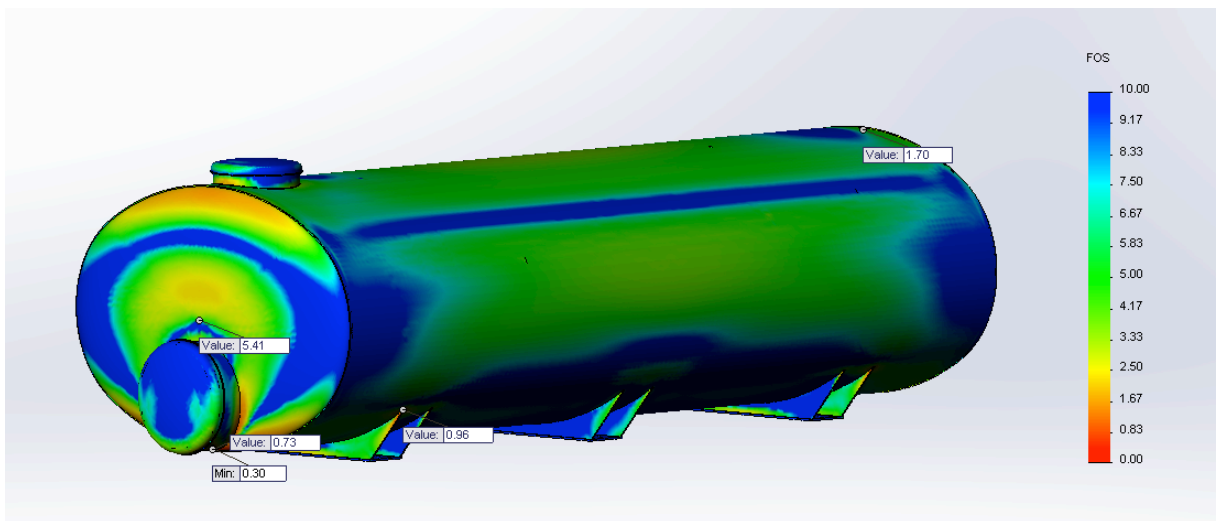
---

<sup>2</sup> Também se realizaram simulações com os aços S235JR e S275JR como material das virolas, só para verificar se as alterações dimensionais feitas relativamente ao modelo alfa não alteravam demasiado os resultados obtidos com esse modelo. Os resultados destas simulações encontram-se no ANEXO D – Resultados das simulações com o modelo beta.

**Sem anteparas**



**Figura 35 - Distribuição da tensão**



**Figura 36 - Distribuição do fator de segurança**

## Com anteparas

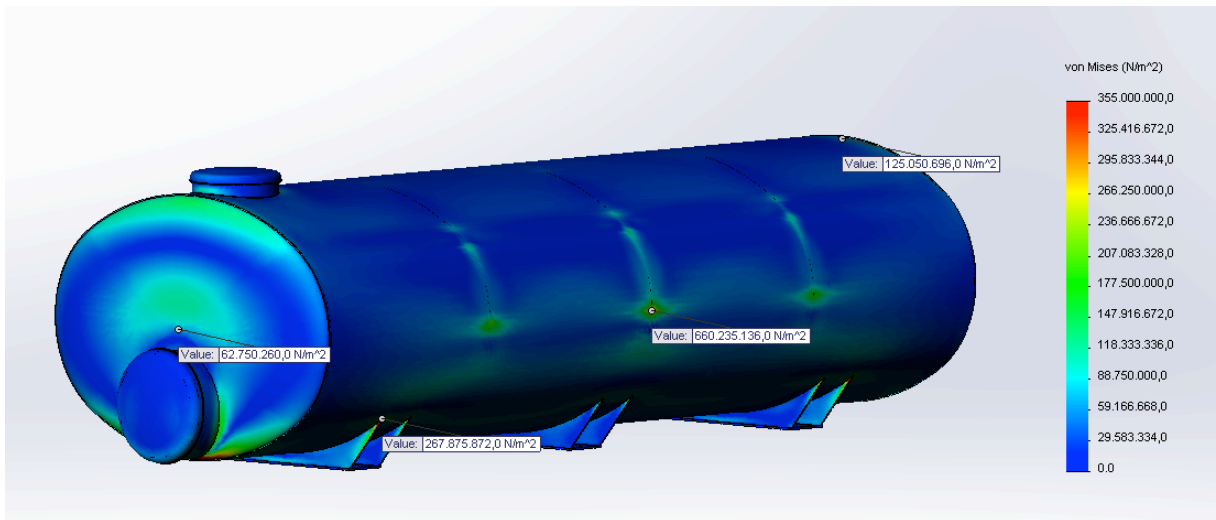


Figura 37 - Distribuição da tensão

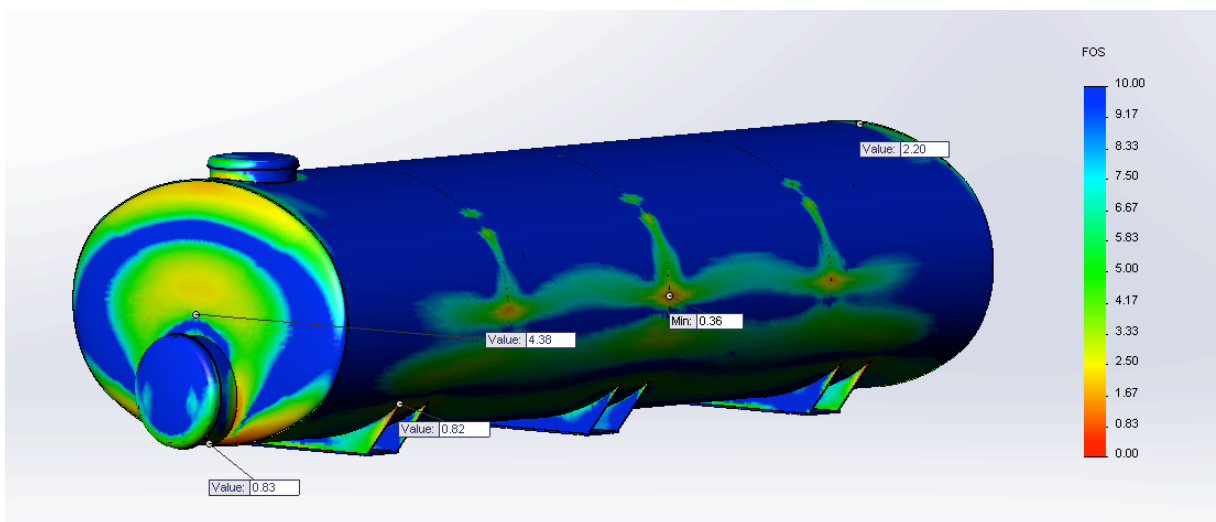


Figura 38 - Distribuição do fator de segurança

Como se pode observar nos resultados das simulações, no caso das anteparas serem soldadas à cuba (simulações com anteparas, ver Figura 37 e Figura 38) em vez de montadas por parafusos, a tensão na virola diminui consideravelmente (aumentando portanto o fator de segurança). No entanto, existem sete pontos onde a tensão é bastante elevada devido à concentração de tensões. São identificadas seis zonas críticas na virola, que coincidem com os vértices das anteparas que entram em contacto com a virola. O outro ponto é na zona de soldadura entre a porta de homem posterior e o fundo copado posterior. Após discussão com o responsável pelo projeto, o Eng.º Miguel, concluiu-se que estas zonas não seriam críticas

pois seriam soldadas e o material de adição deveria ser capaz de suportar as tensões devido à pressão/vácuo, uma vez que o material de adição é mais resistente que o de base.

### 7.3. Modelo final

Com base nos resultados das simulações optou-se por soldar à cuba as anteparas transversais superiores (ver Figura 7) em vez de aparafusá-las às orelhas, uma vez que sendo soldadas dão uma maior capacidade à cuba de resistir às tensões provocadas pela pressão/vácuo.

Para além destas decisões, foi necessário alterar o modelo beta pois o cliente exigiu que fosse montada mais uma anteparas transversal para criar ainda mais resistência à movimentação do fluido lateralmente. Foram-lhe propostas duas alternativas, apresentadas nas Figura 39 e Figura 40. O cliente optou pela opção B, mesmo depois de lhe ter sido explicado que isso iria tornar a entrada de homem posterior obsoleta, uma vez que essa anteparas extra impediria o acesso ao interior da cuba por essa entrada.

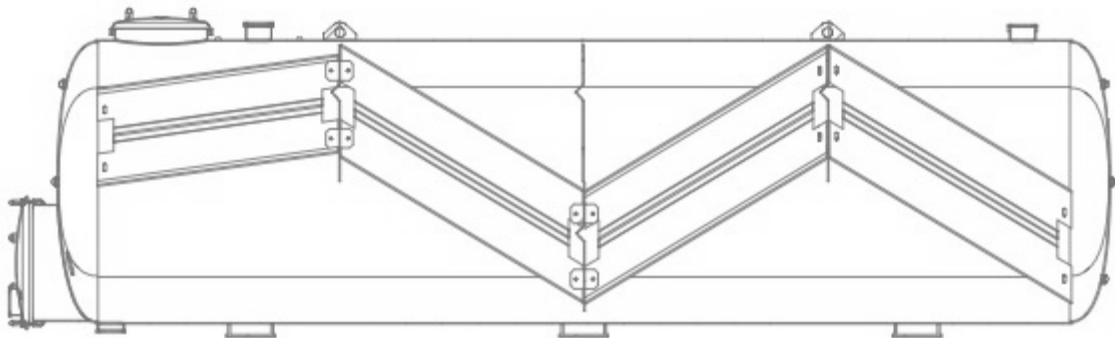


Figura 39 - Desenho com acréscimo de anteparas. Sugestão A

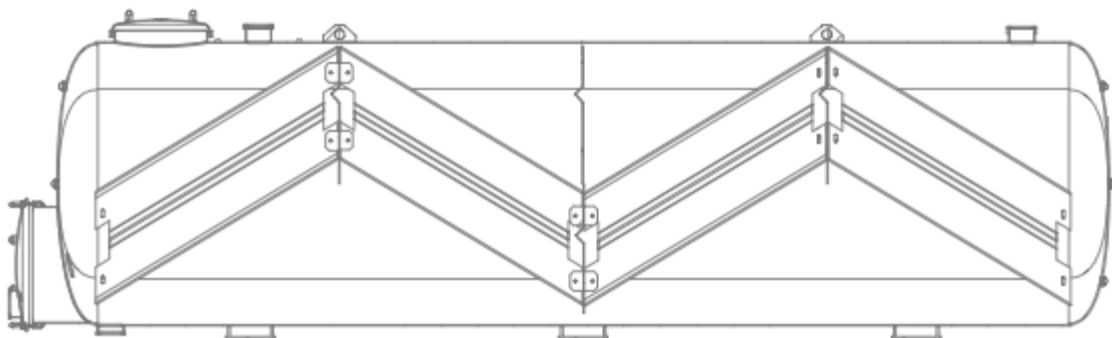
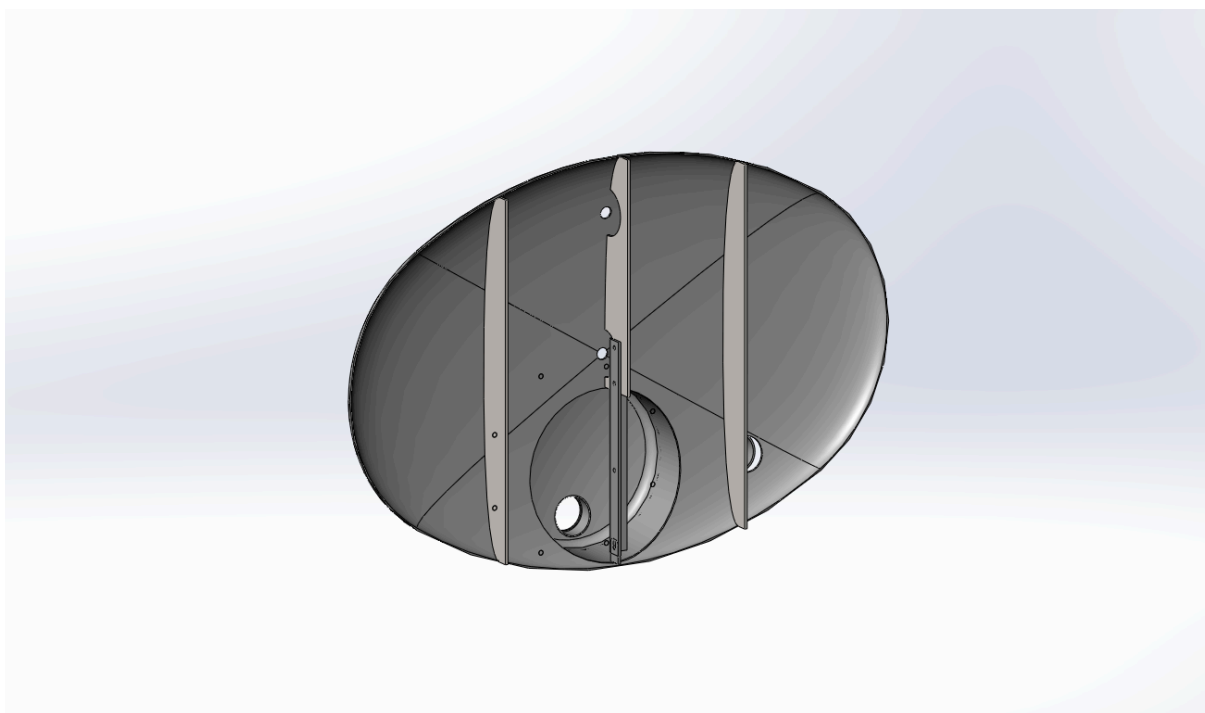
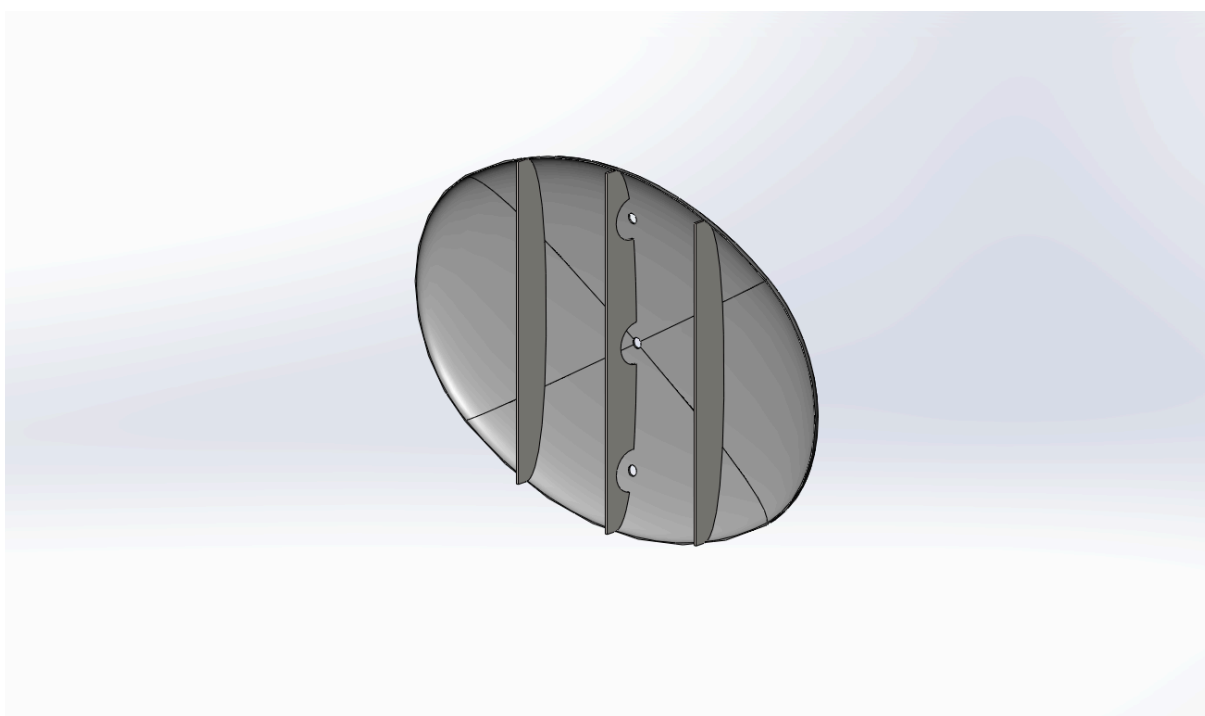


Figura 40 - Desenho com acréscimo de anteparas. Sugestão B

Para além destas exigências feitas pelo cliente, decidiu-se ainda, por uma questão de precaução, que seria melhor acrescentar uns reforços interiores verticais nos fundos, para dar ainda mais resistência. Estes reforços foram ser fabricados em aço DOMEX 460MC.



**Figura 41 - Reforços do fundo elíptico posterior**



**Figura 42 - Reforços do fundo elíptico anterior**

Depois de enviados os novos desenhos ao cliente, foram listados novamente todos os componentes que teriam de ser fabricados (Tabela 5), juntamente com o material e a quantidade em que seriam fabricados. Os desenhos finais de todos os componentes estão no ANEXO E – Desenhos finais para construção

Como se pode constatar por observação da Tabela 5, existem três materiais predominantes na construção da cuba. São eles o S235JR, o S275JR e o DOMEX 460 MC. Foi pois necessário decidir qual o fio de soldadura a utilizar em cada caso. O processo de soldadura utilizado neste projeto foi a soldadura MIG/MAG.

Depois de se entrar em contacto com fornecedores de material de soldadura, optou-se por utilizar o fio Carbofil MnMo quando se soldasse aço S275JR com S355JR, o Fluxofil 31 quando se soldasse DOMEX 460 MC a ele mesmo ou a outro material (por exemplo, quando se soldasse os berços à virola, também seria este o fio a utilizar) e para soldar S235JR a si próprio, utilizar-se-ia o fio Nertalic 70A. As características destes fios encontram-se no ANEXO F – Características dos materiais de adição de soldadura.

**Tabela 5 - Lista dos componentes a fabricar, materiais e quantidades**

Componente	Nome	Material	Quantidade
0	Cisterna (conjunto)	-	1
1	Viola	-	-
1.1.	Viola anterior	S355JR	1
1.2.	Viola meio	S355JR	1
1.3.	Viola posterior	S355JR	1
2	Fundo elíptico posterior	S275JR	1
3	Fundo elíptico anterior	S275JR	1
4	Entrada de homem posterior	-	-
4.1	Tampa		1
4.2	Corpo	S235JR	1
4.3	Braço	S235JR	1
4.4	Suporte braço	S235JR	1
4.5	Aro (altura)	S235JR	1
4.6	Aro (profundidade)	S235JR	1
4.7	Ponta tubo p/ picagem	S235JR	1
4.8	Porcas		8
4.9	Unhas		8
4.10	Orelhas		8
5	Entrada de homem superior	-	-
5.1	Tampa		1
5.2	Corpo	S235JR	1
5.3	Braço	S235JR	1
5.4	Suporte braço	S235JR	1
5.5	Aro (altura)	S235JR	1
5.6	Aro (profundidade)	S235JR	1
5.7	Porcas		5
5.8	Machos		5

5.9	Orelhas		5
6	Berços		
6.1	Chapa inferior	DOMEX 460 MC	6
6.2	Chapas laterais	DOMEX 460 MC	6
7	Escada		
7.1	Barra inferior lateral	DOMEX 460 MC	1
7.2	Barra superior lado direito	DOMEX 460 MC	1
7.3	Barra superior lado esquerdo	DOMEX 460 MC	1
7.4	Degraus	Chapa "folha de oliveira"	1
7.5	Chapa superior	Chapa "folha de oliveira"	1
7.6	Orelhas de fixação da escada	DOMEX 460 MC	9
8	Orelhas para fixação da escada	DOMEX 460 MC	15
9	Antepara transversal superior	S235JR	3
10	Antepara transversal inferior	S235JR	1
11	Anteparas longitudinais		
11.1	Antepara longitudinal curta	S235JR	2
11.2	Antepara longitudinal longa	S235JR	2
12	Orelhas anteparas	DOMEX 460 MC	16
13	Orelhas de suporte cesto protecção	DOMEX 460 MC	2
14	Argolões de elevação		2
15	Visores		6
16	Flange 6"	DOMEX 460 MC	5
17	Flange 6" p/ "o-ring"		
18	Flange 6" cega	DOMEX 460 MC	1
19	Orelhas para fixação das anteparas longitudinais longas	DOMEX 460 MC	6
20	Barra vertical para fixação da antepara longitudinal longa posterior	DOMEX 460 MC	1
21	Encaixe válvula Battioni	-	1
22	Reforços centrais	-	-

22.1	Reforço central furado	DOMEX 460 MC	1
22.2	Reforço central	DOMEX 460 MC	4
22.3	Reforço central curto	DOMEX 460 MC	1

## 8. Construção da cisterna

Uma vez desenhados todos os componentes, procedeu-se às encomendas das peças, todas elas produzidas pela Quantal Laser, com exceção dos fundos copados.

### 8.1. Fabrico das virolas

Uma vez que a calandragem da chapa foi feita numa calandra manual e para garantir que os raios interiores das virolas ficassem corretos, foi necessário fabricar duas peças, dois escantilhões, para encostar ao interior da virola e verificar a correção dos raios. A Figura 43 e Figura 44 são fotografia dos escantilhões, cortados a laser de uma chapa S235JR.



Figura 43 - Escantilhão raio maior



Figura 44 - Escantilhão raio menor

Para fabricar as virolas usaram-se chapas com 2000 milímetros de largura (tal como já tinha sido mencionado na secção 7.2.1). Em relação ao comprimento da chapa foi possível encomendá-las com comprimento igual ao do eixo neutro das virolas, ou seja 6820 milímetros (este valor foi obtido através do SolidWorks), o que quer dizer que cada virola só ficou com um cordão de soldadura, ao comprimento.



**Figura 45 - Montagem e alinhamento da chapa na mesa da calandra**



**Figura 46 – Calandragem da chapa**

**Figura 48 - Chapa calandrada**



**Figura 47 - As três virolas soldadas (vista inferior)**

## 8.2. Fabrico dos fundos copados elípticos

Para o fabrico dos fundos foi necessário entregar ao fabricante uma chapa elíptica (cujo corte foi também feito na Quantal Laser). As dimensões da chapa foram extrapoladas utilizando o software Catia®, o qual pegou no modelo 3D que tinha sido feito e planificou-o. Para além disso, foi necessário fazer um pequeno furo de 20 milímetros no centro da chapa para montagem na máquina que haveria de fazer o copado. O desenho enviado para o corte de laser foi o da Figura 49 e o enviado para o fabricante dos fundos foi o da Figura 50.

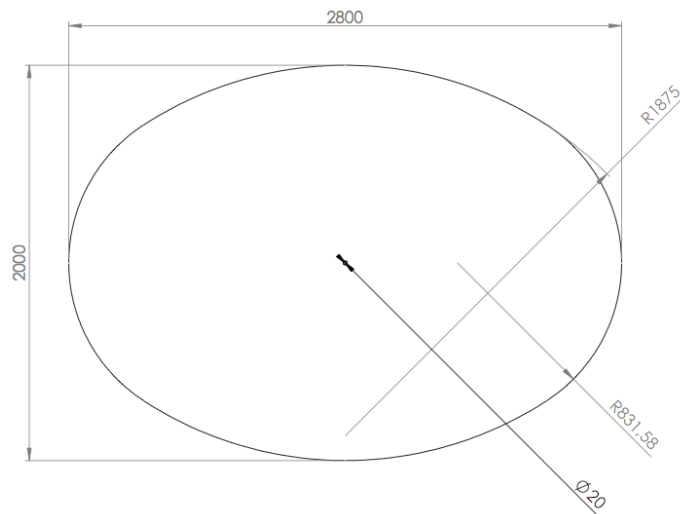


Figura 49 - Planificado para fabrico dos fundos copados

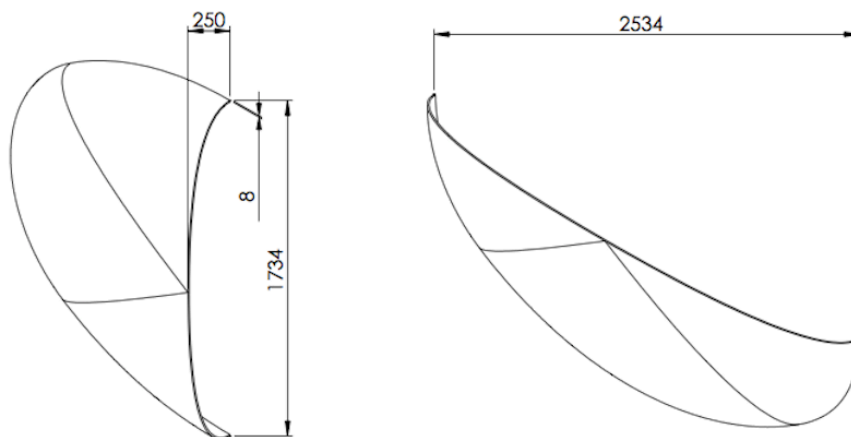


Figura 50 - Desenho para construção dos fundos copados

Como se pode observar na Figura 51, os fundos que chegaram do fabricante não só não tinham a profundidade pretendida (tinham aproximadamente 120 milímetros em vez dos 250 milímetros que estavam no desenho) como também estavam com dimensões de altura e largura muito superiores às supostas. Por essa mesma razão foi necessário cortar um bocado de chapa utilizando o plasma (Figura 53) para que os fundos ficassem com as dimensões corretas, encaixando no interior da virola.(Figura 52)



**Figura 51 - Fundo copado**



**Figura 52 - Fundo copado, depois de cortado**



**Figura 53 - Desperdício de chapa do fundo copado**

### 8.3. Fabrico das entradas de homem

Enquanto os fundos copados estavam a ser fabricados, foi-se adiantando a construção das entradas de homem. As Figura 54 a Figura 59 mostram algumas das fases da construção das entradas de homem.



Figura 54 - Corpo da entrada de homem superior



Figura 55 - Corpo da entrada de homem posterior



Figura 58 - Montagem da entrada de homem superior



Figura 56 - Montagem da entrada de homem posterior



Figura 57 - Entrada de homem superior



Figura 59 - Entrada de homem posterior

#### 8.4. Montagem das anteparas

Como já foi referido na secção 7.3, após as simulações com o modelo beta ficou decidido que as três anteparas transversais superiores seriam soldadas à cuba, enquanto que a anteparada transversal inferior seria aparafusada às orelhas que seriam soldadas à cuba. Na Figura 60 pode-se observar a montagem das três anteparas superiores e na Figura 61 podem ver-se as três anteparas já montadas e a anteparada inferior posicionada no sitio correto, por forma a permitir saber em que posição soldar as orelhas.



Figura 60 – Montagem das anteparas transversais superiores



Figura 61 - Posicionamento da anteparada transversal inferior



**Figura 62 - Antepara transversal superior soldada e orelhas para montagem da antepara transversal inferior**

Para além da antepara transversal inferior, também as anteparas longitudinais (tanto as curtas como as compridas) seriam montadas por aparafusamento. No entanto, estas vieram sem furação, pois achou-se que seria mais simples que o cliente fizesse depois a furação, para alinhar com as orelhas soldadas às anteparas transversais. Na Figura 63 podem ver-se as anteparas longitudinais, enquanto que na Figura 64 se vêem as orelhas para fixação dessas anteparas soldadas nas anteparas transversais.



**Figura 63 - Anteparas longitudinais**



**Figura 64 - Orelhas para fixação de antepara longitudinal**

## 8.5. Fabrico e montagem dos berços

Conforme referido na secção 6.1, os berços são constituídos por três chapas, uma horizontal e duas verticais. Essas duas chapas verticais são soldadas à chapa horizontal (que vai ser aparafusada à chapa soldada ao chassis do *dumper*) e depois todo o berço é soldado, pelas chapas verticais, à virola. Na Figura 65 e Figura 66 pode ver-se a construção de um dos berço e na Figura 67 vê-se a montagem dos berços na virola.



Figura 65 - Construção de um berço



Figura 66 - Alinhamento das chapas verticais do berço

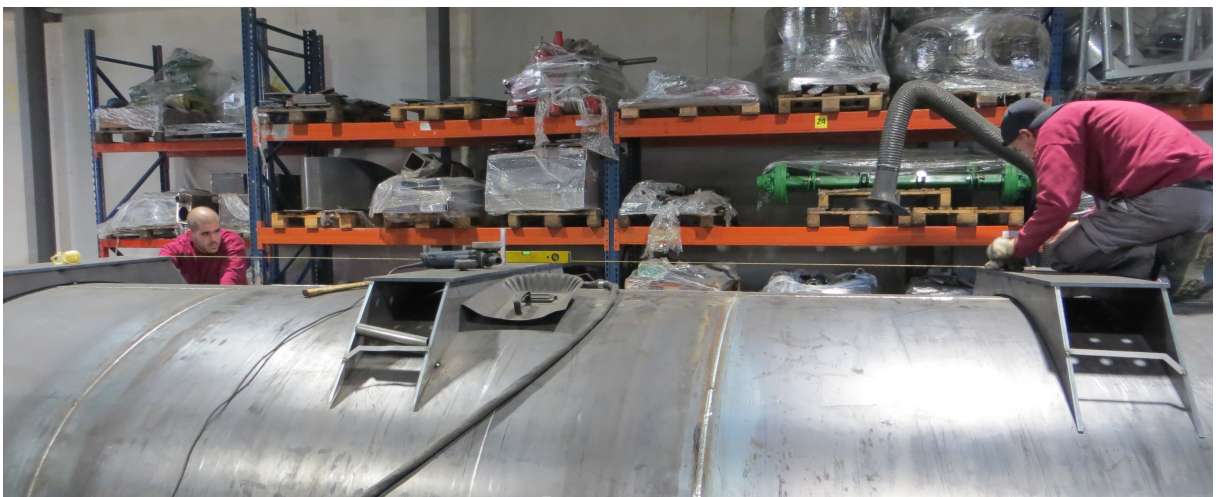


Figura 67 – Montagem dos berços na cuba

## 8.6.Fabrico e montagem da escada

Nas Figura 68, Figura 69 e Figura 70, podem ver-se alguns dos passos na construção e montagem da escada que dá acesso à entrada de homem superior e ao encaixe Bauer.



Figura 68 - Três das barras laterais da escada

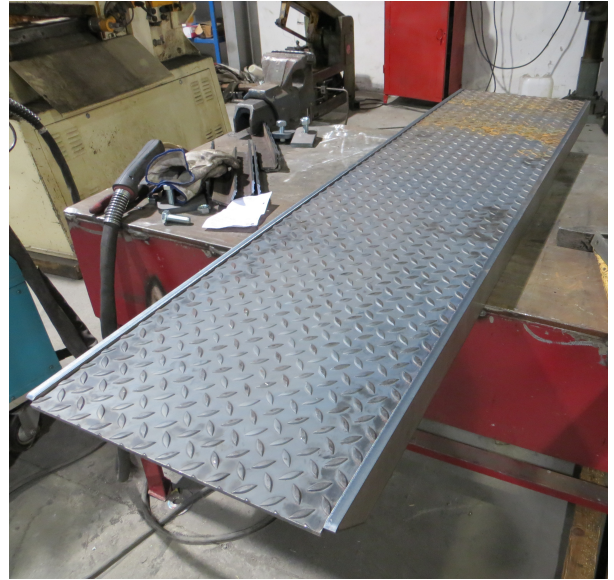


Figura 69 - Plataforma com as barras superiores soldadas



Figura 70 - Montagem da escada na cuba

## 8.7.Fabrico das picagens para montagem dos acessórios

Seguidamente apresentam-se várias imagens das várias picagens para os acessórios.



**Figura 71 - Picagem para montagem de um visor**



**Figura 72 - Picagem para montagem da adufa posterior**



**Figura 73 - Picagem para montagem da régua de espalhamento**

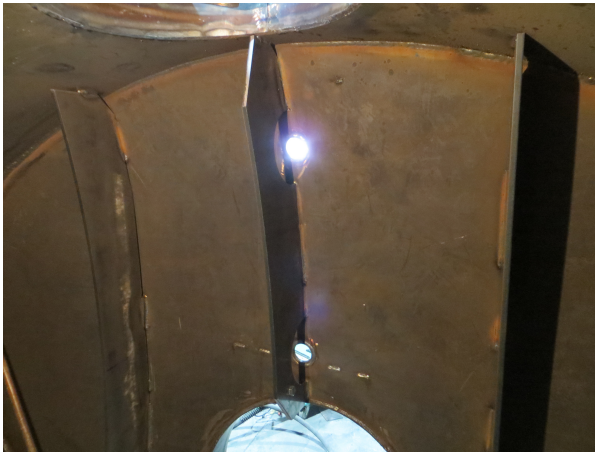


**Figura 74 - Picagem para montagem da válvula primária**

## 8.8.Reforços centrais

Com já foi referido na secção 7.3 considerou-se prudente reforçar os fundos copados uma vez que estes não tinham a mesma profundidade que foi utilizada na simulação. Esta decisão foi ainda mais importante na medida que os fundos não ficaram com a profundidade desejada, correndo portanto maior risco de colapso. Como também os fundos não tinham a mesma profundidade por todo, foi necessário fazer um molde do seu interior, tendo depois sido transporto para 2D utilizando o software AutoCad. Uma vez feito o desenho 2D, criou-se um modelo 3D fazendo uso do SolidWorks que depois foi mandado para a Quantal Laser para corte.

Cada fundo foi reforçado com 3 chapas, sendo que as do meio tiveram uns cortes circulares para permitir a visualização do nível de enchimento da cuba através do visor. No caso do reforço central posterior, este teve de ser mais curto devido à entrada de homem. Na Figura 75 e Figura 76 podem ver-se os reforços já montados.



**Figura 75 - Reforços centrais no tampo posterior**



**Figura 76 - Reforços centrais no tampo anterior**

## 8.9. Cisterna completa

Finalmente, e depois de montadas todas as partes, a cisterna estava pronta para a galvanização, depois da qual podia ser entregue ao cliente. A Figura 77 e a Figura 80 mostram a cisterna completa (a escada, as tampas das entradas de homem, a anteparas transversal inferior e as anteparas longitudinais tinham sido desmontadas).



Figura 77 - Cisterna completa (vista posterior)



Figura 78 - Cisterna completa (vista anterior)



Figura 79 - Cisterna completa (vista posterior)



Figura 80 - Cisterna completa, a caminho da galvanização

## 8.10. Galvanização

Galvanização ou, mais corretamente, galvanização por imersão a quente é o processo através do qual se obtêm revestimentos de zinco sobre objetos de ferro ou aço, mediante imersão num banho de zinco fundido. Neste processo as peças passam por vários banhos, sequencialmente, terminando normalmente com o banho de zinco fundido, o qual ronda a temperatura de 450°C. A galvanização tem como principal objetivo a proteção do aço.

Como o tanque onde a cisterna iria ser imersa não tinha largura para a cisterna entrar na sua posição natural (isto é, na horizontal.), foi necessário que a cuba entrasse de lado (ver a Figura 82), tendo sido necessário fazer rasgos nos tampos, para não haver acumulação de zinco (Figura 82 e Figura 81).

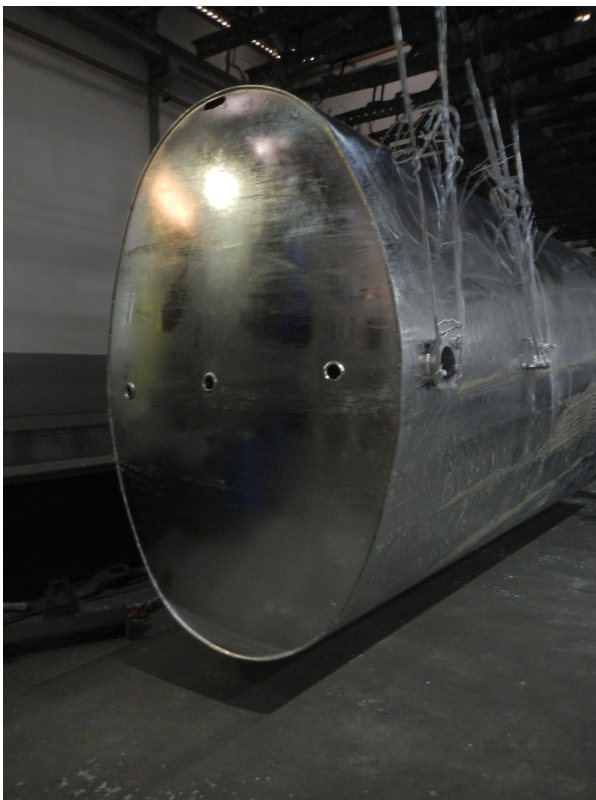


Figura 82 – Sistema de elevação da cuba

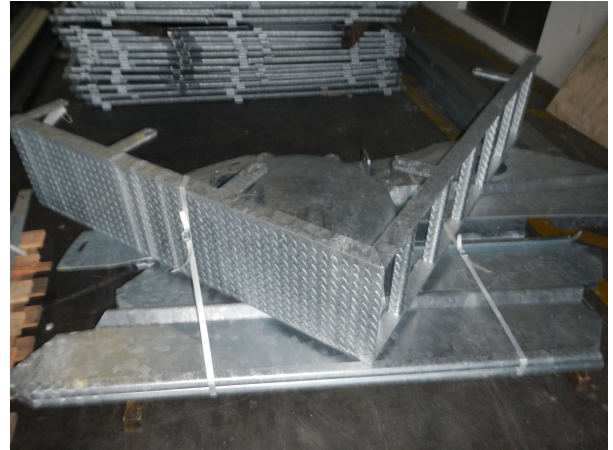


Figura 81 - Abertura no tampo posterior

Na Figura 83 e Figura 86 pode observar-se a cisterna e alguns dos seus componentes depois de galvanizados.



**Figura 83 - Cisterna galvanizada**



**Figura 86 - Escadas e anteparas galvanizadas**

Devido à elevada temperatura do banho de zinco podem ocorrer problemas de distorção das peças, como se pode observar na Figura 84. Isto deve-se sobretudo às tensões induzidas durante a montagem por soldadura da estrutura. No entanto, não há hipótese de se fazer a montagem depois da galvanização pois esta seria danificada aquando do processo de soldadura. Também podem ocorrer problemas devido a diferentes combinações, como é o caso. No entanto, o problema que se observou na cisterna devido à galvanização foi o aparecimento de conchas. Estas conchas são pequenas zonas onde o material ficou côncavo. Uma dessas conchas pode ser observada na Figura 85.



**Figura 84 – Deformação de uma anteparas superior**



**Figura 85 - Uma concha na virola**

Possivelmente, estas deformações podem ter sido resultado da forma como a cisterna foi introduzida no tanque, uma vez que as conchas são muito mais acentuadas num dos lados que no outro.

## **9. Conclusão**

Ao longo deste período na Growstamp foi-me possível vivenciar o mundo da indústria, não só através do contacto diário com os trabalhadores da Growstamp, mas também através dos contactos realizados com vários fornecedores. Foi-me necessário realizar tarefas novas, como a pesquisa de legislação, por exemplo.

Este trabalho proporcionou-me uma ótima experiência, quer a nível da aprendizagem de muitos aspetos relacionados com cisternas, escolha de materiais, contacto com fornecedores, métodos de fabrico, comunicação com trabalhadores para otimizar um processo de fabrico, como ainda ao nível das realidades diárias do mundo do trabalho. Foi a minha primeira experiência a nível profissional, tendo-me apercebido que estamos sujeitos às estratégias e ideias das chefias e por isso muitas vezes não é possível pôr em prática as nossas ideias. Também foi possível perceber que quando o cliente exige algo devemos satisfazer o seu pedido, mesmo que tenhamos uma ideia que consideramos melhor ou que não concordemos com a escolha do cliente. E temos de assumir as suas opções e realizar o que nos é pedido da melhor forma possível.

Foi-me confiada uma tarefa de bastante responsabilidade e acredito ter correspondido com profissionalismo, dedicação e entusiasmo.

Em suma, concluo este período de estágio com um enorme sentido de satisfação por ter participado num projeto desta importância para a empresa e por todo o conhecimento e experiências adquiridos.

## **10. Trabalhos futuros**

Após a conclusão deste trabalho, existem dois aspectos que deveriam ser melhorados num próximo projeto. O primeiro desses dois aspectos é relativo aos fundos copados. Agora que já se sabe com que profundidade é que um fundo desta dimensão fica (que é muito aquém dos 250 milímetros desejados inicialmente) é importante, para um próximo projeto, não só ter isso em consideração nas simulações (caso sejam novamente feitas) como também no cálculo do planejado para cortar a laser para o fabrico dos fundos. Como se pôde observar na Figura 53, o desperdício de chapa devido à diferença de profundidade dos fundos é bastante e isso representa um custo desnecessário.

Outro aspecto que talvez pudesse ser melhorado é a influência das temperaturas de galvanização nas chapas, que dão origem às chamadas conchas. Embora esse aspeto seja de difícil solução, pois nem mesmo as pessoas da Galvaza sabiam de antemão muito bem o que esperar do processo numa peça de tão grande dimensão, tendo até ficado extremamente satisfeitos com o resultado.

## **ANEXO A – Legislação relativa a cisternas agrícolas**

### **Portaria 1092/97**

#### **Limites dos pesos e dimensões**

Pesos brutos máximos dos veículos:

- Tractor e semi-reboque:
  - 3 eixos – 27 toneladas
  - 4 eixos – 38 toneladas
  - 5 ou mais eixos – 40 toneladas
  
- Reboque:
  - 1 eixo - 10 toneladas
  - 2 eixos - 18 toneladas
  - 3 ou mais eixos - 24 toneladas
  
- Reboques de tractores agrícolas:
  - 1 eixo - 8 toneladas
  - 2 eixos - 16 toneladas
  - 3 ou mais eixos - 20 toneladas

Comprimentos máximos:

- Tractor e semi-reboque:
  - 3 ou mais eixos - 16,50 metros
  
- Distância do eixo da cavilha à traseira do reboque - 12 metros
  
- Reboque de tractores agrícolas:
  - 1 eixo - 7 metros
  - 2 ou mais eixos - 10 metros

Largura máxima: 2,55 metros

Altura máxima: 4 metros

#### **NOTAS:**

- O peso bruto no eixo/eixos motores de um veículo/conjunto de veículos não pode ser inferior a 25% do peso bruto do veículo/conjunto de veículos.

- 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, especificamente, de veículos de 1 ou mais eixos à retaguarda.
- O peso rebocável dos tractores agrícolas será o menor dos seguintes valores:
  - a) O peso bruto rebocável máximo tecnicamente admissível, estabelecido com base na construção e no desempenho do veículo e ou na resistência do dispositivo mecânico de engate;
  - b) Veículos destinados a puxar reboques sem travão de serviço: metade da tara do veículo, não podendo exceder 750 kg;
  - c) Veículos com peso bruto inferior ou igual a 3500 kg destinados a puxar reboques equipados com travões de serviço: o valor do peso bruto do veículo; no caso dos veículos «fora de estrada», uma vez e meia o peso bruto do veículo a motor, não podendo exceder 3500 kg;
  - d) Veículos com peso bruto superior a 3500 kg destinados a puxar reboques equipados com travões de serviço de inércia: 3500 kg;
  - e) Veículos com um peso bruto superior a 3500 kg destinados a puxar reboques com sistema de travagem contínua: uma vez e meia o peso bruto do veículo.

## **Decreto-Lei 81/2011**

### **Regulamento de homologação de tratores agrícolas e seus reboques (também presente na Directiva 2009/105/CE)**

Os dispositivos de ligação mecânica serão sujeitos a um ensaio dinâmico, em conformidade com as condições constantes do apêndice 2, ou a um ensaio estático, em conformidade com as condições constantes do apêndice 3, para determinação da sua resistência.

Este ensaio não pode provocar deformações permanentes, nem fissuras ou rupturas.

Carga vertical no ponto de engate (S)

- A carga vertical estática máxima será estabelecida pelo fabricante. Todavia, não deverá em caso algum, ser superior a 3 toneladas.
  
- Condições de aceitação:
  - A carga vertical estática admissível não deve exceder a carga vertical estática tecnicamente admissível, recomendada pelo fabricante do tractor, nem a carga vertical estática estipulada para o dispositivo de reboque nos termos da homologação CE.
  
  - Os requisitos, estipulados no ponto 2 do Anexo I da Directiva 2009/63/CE devem ser respeitados, pelo que a carga máxima admissível no eixo traseiro, tendo em conta a resistência dos pneus traseiros, tal como indicada pelo fabricante, não poderá ser ultrapassada.

Método de ensaio dinâmico (Anexo IV, Apêndice 2)

#### 1. Método de ensaio

- A resistência da ligação mecânica deve ser comprovada submetendo-a a solicitações alternadas num banco de ensaio.

Descreve-se seguidamente o método de ensaio à fadiga que deve ser aplicado ao dispositivo de ligação completo; a ligação mecânica deve ser montada no banco de ensaio e ensaiada e equipada com todas as peças necessárias à sua fixação.

As solicitações alternadas devem ser, se possível, sinusoidais (alternas e/ou em progressão contínua), sendo o número de ciclos de ensaio dependente do material utilizado. No ensaio não devem surgir quaisquer fissuras ou rupturas.

## 2. Critérios de ensaio

As bases para as hipóteses de carga são a componente horizontal das forças no eixo longitudinal do veículo e a componente vertical.

As componentes horizontais perpendiculares ao eixo longitudinal do veículo e os momentos não são tomados em consideração, na medida em que são de importância secundária.

A componente horizontal, segundo o eixo longitudinal do veículo, é representada por uma força equivalente obtida por cálculo, o valor D.

Para a ligação mecânica vale a expressão:

$$D = g \cdot (M_T \cdot M_R) / (M_T + M_R)$$

em que:

$M_T$  – massa total tecnicamente admissível no tractor

$M_R$  – massa total tecnicamente admissível do veículo rebocado

$$g = 9.81 \text{ m/s}^{-2}$$

As componentes da força vertical perpendiculares ao plano da via são expressas pela carga vertical estática S (kg).

As massas tecnicamente admissíveis  $M_T$  e  $M_R$  são especificadas pelo fabricante em toneladas.

## 3. Realização do ensaio

### 3.1. Requisitos gerais

- A força de ensaio deve ser aplicada ao dispositivo de ligação mecânica a ensaiar, por meio de um olhal normalizado, segundo um ângulo dado pela relação entre a força de ensaio vertical  $F_v$  e a força de ensaio horizontal  $F_h$  e orientado no sentido antero-posterior de cima para baixo, no plano médio longitudinal.
- A carga de ensaio é aplicada no ponto de contacto normal entre o dispositivo de ligação mecânica e o olhal.
- A folga entre o dispositivo de ligação e o olhal deve ser a mais reduzida possível.

- Em princípio, a carga de ensaio deve variar alternadamente em torno do valor nulo. A média das solicitações alternadas deve ser igual a zero.
- Se não for possível proceder ao ensaio por meio de cargas alternadas devido ao modo de construção do dispositivo de ligação (por exemplo, se houver demasiada folga, ou no caso dos ganchos), pode aplicar-se um esforço de ensaio em progressão contínua, que pode ser de tracção ou compressão, consoante a solicitação mais elevada.
- Nos ensaios com solicitações em progressão contínua, a carga de ensaio é a carga máxima, podendo a carga mínima atingir até 5 % da carga máxima.
- No ensaio com solicitações alternadas deve procurar-se construir o modelo de ensaio e escolher o mecanismo de aplicação das forças de forma a que, para além das forças de ensaio previstas, não estejam presentes quaisquer momentos adicionais ou forças perpendiculares normais à força de ensaio; o erro admitido para a direcção da força no ensaio com solicitações alternadas não deve ser superior a  $\pm 1,5\sigma$ ; nos ensaios com solicitações pulsatórias o ângulo deve ser ajustado com a carga máxima.
- A frequência de ensaio não deve ser superior a 30 Hz.
- Para peças de aço ou aço vazado, o número de ciclos de carga deve ser de  $2 \cdot 10^6$ . O ensaio de detecção de fissuras efectuado a seguir é realizado pelo método dos líquidos penetrantes ou por qualquer outro processo equivalente.
- Se as peças da ligação mecânica incluírem molas e/ou amortecedores, estes não serão desmontados durante o ensaio, podendo no entanto ser substituídos se se avariarem por terem sido expostos a solicitações que não sejam habituais durante o serviço (por exemplo, transmissão de calor). No protocolo de ensaio deve descrever-se o seu comportamento antes, durante e depois do ensaio.

### 3.2. Forças de ensaio

A força de ensaio é a resultante geométrica das componentes vertical e horizontal da carga:

$$F = \sqrt{F_h^2 + F_v^2}$$

em que:

$$F_h = \pm 0.6 \cdot D, \text{ para solicitações alternadas}$$

Ou

$$F_h = 1.0 \cdot D, \text{ para solicitações em progressão contínua (por tracção ou por compressão)}$$

$$F_v = g \cdot 1.5 \cdot S$$

S – carga de apoio estática (componente vertical sobre a via)

## **Anexo IV, Apêndice 3: Método de ensaio estático**

### 1. Prescrições do ensaio

#### 1.1. Generalidades

1.1.1. Sobre o dispositivo de engate, depois de controladas previamente as características de construção, são efectuados ensaios estáticos, de acordo com o prescrito nos pontos 1.2, 1.3 e 1.4.

#### 1.2. Preparação dos ensaios

Os ensaios devem ser executados numa máquina especial, com o dispositivo de engate e um eventual quadro de ligação ao corpo do tractor fixados a uma estrutura rígida com os mesmos elementos utilizados na montagem do dispositivo de engate no tractor.

#### 1.3. Aparelhagem de medição

Os aparelhos de medição para registar as cargas aplicadas e as deslocações devem ter o seguinte grau de precisão:

- cargas aplicadas  $\pm 50 \text{ daN}$
- deslocações  $\pm 0,01 \text{ mm}$

#### 1.4. Modalidades de ensaio

1.4.1. O dispositivo de engate deve ser submetido previamente a uma pré-carga de tracção não superior a 15 % da carga de ensaio de tracção definida no ponto 1.4.2.

1.4.1.1. A operação referida no ponto 1.4.1 é repetida pelo menos duas vezes e é efectuada partindo da carga nula, que é aumentada gradualmente até atingir o valor indicado no ponto 1.4.1 e sucessivamente diminuída até 500 daN; a carga de ajustamento deve ser mantida pelo menos durante 60 s.

1.4.2. A recolha dos dados para a determinação do diagrama carga-deformação à tracção, ou o gráfico do referido diagrama fornecido pela impressora acoplada à máquina de tracção, deve ser efectuada através da aplicação exclusiva de cargas crescentes a partir de 500 daN ao centro de referência do gancho de engate. Não se deve verificar qualquer rotura para valores iguais ou inferiores à carga de ensaio de tracção fixada em 1,5 vezes o valor da massa rebocada tecnicamente admissível; além disso, deve verificar-se se o diagrama das deformações em

função das cargas apresenta um andamento regular sem pontos salientes no intervalo entre 500 daN e  $\frac{1}{3}$  da carga máxima de tracção.

1.4.2.1. O registo da deformação permanente é efectuado no diagrama cargas/deformações em relação à carga de 500 daN depois de reportada a esse valor a carga de ensaio.

1.4.2.2. O valor da deformação permanente observado não deve exceder 25% da deformação elástica máxima observada.

1.5. Antes do ensaio referido no ponto 1.4.2 deve efectuar-se um ensaio que consiste em aplicar de modo gradual e crescente, ao centro de referência do dispositivo de ligação, e a partir de uma carga inicial de 500 daN, uma carga vertical fixada em 3 vezes a carga vertical máxima admissível (em daN, igual a  $g \cdot S/10$ ) recomendada pelo fabricante.

Durante o ensaio, a deformação do dispositivo de ligação não deve exceder 10 % da deformação máxima elástica observada.

A verificação é efectuada depois de anulada a carga vertical (em daN, igual a  $g \cdot S/10$ ) e restabelecida a pré-carga de 500 daN.

## Directiva 2009/105/EC

### Recipiente simples sob pressão (PS > 0.5 bar)

#### CAPÍTULO I: ÂMBITO DE APLICAÇÃO, DEFINIÇÕES, COMERCIALIZAÇÃO E LIVRE CIRCULAÇÃO

##### Artigo 1.o

1. A presente directiva aplica-se a recipientes simples sob pressão fabricados em série.
2. Os seguintes recipientes estão excluídos do âmbito da presente directiva:
  - a. Recipientes concebidos especificamente para utilização nuclear, e cuja avaria possa causar emissão de radioactividade;
  - b. Recipientes destinados especificamente para utilização nuclear, e cuja avaria possa causar emissão de radioactividade;
  - c. Extintores de incêndio.
3. Para efeitos da presente directiva entende-se por:
  - a) "Recipiente simples sob pressão" ou "recipiente": qualquer recipiente soldado submetido a uma pressão interior superior a 0,5 bar, destinado a conter ar ou nitrogénio e não destinado a ser submetido a uma chama;

As partes e juntas que participam na resistência do recipiente sob pressão são fabricadas quer em aço de qualidade não ligado quer em alumínio não ligado ou em liga de alumínio não autotemperante.

O recipiente deve ser constituído por uma das seguintes opções:

- i. uma parte cilíndrica de secção transversal circular, fechada por fundos copados com a face côncava voltada para o interior ou por fundos planos com o mesmo eixo de revolução que a parte cilíndrica,
- ii. dois fundos copados com o mesmo eixo de revolução.

A pressão máxima de serviço do recipiente não deve exceder 30 bar e o produto desta pressão pela capacidade do recipiente ( $PS \times V$ ) não deve exceder 10000 bar.l.

A temperatura mínima de serviço não deve ser inferior a  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  e a temperatura máxima de serviço não deve exceder  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  para os recipientes de aço ou  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  para os recipientes de alumínio ou de liga de alumínio;

##### Artigo 3.o

1. Os recipientes cujo produto de  $PS \times V$  exceda 50 bar.l devem respeitar as exigências essenciais de segurança constantes do anexo I.

2. Os recipientes cujo produto de PS x V não exceda 50 bar.1 devem ser fabricados segundo as regras da arte na matéria utilizadas num dos Estados-Membros e ostentar as inscrições previstas no ponto 1 do anexo II, com excepção da marcação "CE" referida no artigo 16.o

## **ANEXO I: EXIGÊNCIAS ESSENCIAIS DE SEGURANÇA (referidas no n.o 1 do artigo 3.o)**

### **1. MATERIAIS**

Os materiais devem ser seleccionados de acordo com a utilização prevista para os recipientes e em conformidade com os pontos 1.1 a 1.4.

#### **1.1. Partes submetidas a pressão**

Os materiais referidos no artigo 1.o, utilizados para o fabrico das partes dos recipientes submetidas a pressão, devem ser:

- a. Susceptíveis de serem soldados;
- b. Dúcteis e tenazes para que, em caso de ruptura à temperatura mínima de serviço, aquela não provoque fragmentação nem quebra do tipo frágil;
- c. Insensíveis ao envelhecimento.

Quanto aos recipientes de aço, devem também satisfazer as exigências estabelecidas no ponto 1.1.1, e quanto aos recipientes de alumínio ou ligas de alumínio as estabelecidas no ponto.

Os materiais devem ser acompanhados por um relatório de controlo, tal como descrito no anexo II, emitido pelo produtor dos materiais.

#### **1.1.1. Recipientes de aço**

Os aços de qualidade não ligados devem satisfazer as seguintes exigências:

- a. Devem ser não efervescentes e fornecidos após tratamento de normalização ou num estado equivalente;
  - b. O teor de carbono do produto deve ser inferior a 0,25 % e os teores de enxofre e fósforo devem ser inferiores a 0,05 % para cada um destes elementos;
  - c. Devem ter as seguintes características mecânicas no produto:
- o valor máximo da resistência à tracção R<sub>m</sub>, max deve ser inferior a 580 N/mm<sup>2</sup>,
  - o alongamento após a ruptura deve ser:
    - em provetes paralelos à direcção de laminagem
    - espessura ≥ 3 mm: | A | ≥ 22 %, |
    - espessura < 3 mm: | A<sub>80</sub> mm | ≥ 17 %, |
  - em provetes perpendiculares à direcção de laminagem
    - espessura ≥ 3 mm: | A | ≥ 20 %, |
    - espessura < 3 mm: | A<sub>80</sub> mm | ≥ 15 %, |

- o valor médio da energia de ruptura KCV determinado sobre 3 provetes longitudinais não deve ser inferior a 35 J/cm<sup>2</sup> à temperatura mínima de serviço. Apenas um dos três valores pode ser inferior a 35 J/cm<sup>2</sup> e nunca a 25 J/cm<sup>2</sup>.

A verificação desta qualidade é exigida para os aços destinados ao fabrico de recipientes cuja temperatura mínima de serviço seja inferior a – 10 °C e cuja espessura das paredes exceda 5 mm.

#### 1.1.2. Recipientes de alumínio

O alumínio não ligado deve ter um teor de alumínio pelo menos igual a 99,5 %, e as ligas a que se refere a alínea a) do n.º 3 do artigo 1.º devem oferecer uma resistência adequada à corrosão intercrystalina à temperatura máxima de serviço.

Para além disso, estes materiais devem satisfazer as seguintes exigências:

- a. Ser fornecidos no estado recozido; e
- b. Ter as seguintes características mecânicas no produto:
  - o valor máximo da resistência à tracção R<sub>m</sub>, max não deverá exceder 350 N/mm<sup>2</sup>,
  - o alongamento após ruptura deverá ser:
  - A ≥ 16 % em provetes paralelos à direcção de laminagem,
  - A ≥ 14 % em provetes perpendiculares à direcção de laminagem.

#### 1.2. Materiais de soldadura

Os materiais de soldadura utilizados na execução de soldaduras no recipiente sob pressão ou o fabrico deste devem ser adequados e compatíveis com os materiais a soldar.

#### 1.3. Acessórios que contribuem para a resistência do recipiente

Estes acessórios (por exemplo, parafusos e porcas) devem ser fabricados quer num material especificado no ponto 1.1 quer noutros tipos de aço, alumínio ou ligas de alumínio apropriadas e compatíveis com os materiais utilizados no fabrico das partes submetidas a pressão.

Estes últimos materiais devem ter, à temperatura mínima de serviço, um alongamento após ruptura e uma tenacidade adequados.

#### 1.4. Partes não submetidas a pressão

Todas as partes dos recipientes não submetidas a pressão, montadas por soldadura, devem ser de materiais compatíveis com o dos elementos aos quais estão soldadas.

## 2. CONCEPÇÃO DOS RECIPIENTES

Ao conceber os recipientes o fabricante deve definir o respectivo domínio de utilização, escolhendo:

- a. A temperatura mínima de serviço T<sub>min</sub>;
- b. A temperatura máxima de serviço T<sub>max</sub>;
- c. A pressão máxima de serviço P<sub>S</sub>.

Contudo, caso seja adoptada uma temperatura mínima de serviço superior a – 10 °C, as características exigidas dos materiais devem ser satisfeitas a – 10 °C.

O fabricante deve ter igualmente em conta as seguintes disposições:

- tem de ser possível inspeccionar o interior dos recipientes,
- tem de ser possível escoar os recipientes,
- as qualidades mecânicas devem manter-se durante todo o período de utilização do recipiente para os fins em vista,
- os recipientes devem estar adequadamente protegidos contra a corrosão, tendo em conta o fim a que se destinam;

e que, nas condições de utilização previstas:

- os recipientes não devem ser sujeitos a esforços susceptíveis de prejudicar a segurança da sua utilização,
- a pressão interior, de forma permanente, não deve exceder a pressão máxima de serviço PS. Pode, contudo, haver sobrepressões momentâneas até um limite máximo de 10 %.
- As juntas circulares e longitudinais devem ser realizadas com soldaduras de penetração total ou soldaduras de eficácia equivalente. Os fundos copados que não sejam hemisféricos devem ter um bordo cilíndrico.

## 2.1. Espessura das paredes

Se o produto de  $PS \times V$  não for superior a 3000 bar.l, o fabricante deve escolher um dos métodos descritos em 2.1.1 e 2.1.2 para determinar a espessura das paredes no recipiente; se o produto de  $PS \times V$  for superior a 3000 bar.l ou se a temperatura máxima de serviço exceder 100 °C, a espessura de paredes deve ser determinada pelo método descrito em 2.1.1.

A espessura efectiva das paredes da vírola e dos fundos não deve, contudo, ser inferior a 2 mm no caso dos recipientes de aço e a 3 mm no caso dos recipientes de alumínio ou de liga de alumínio.

### 2.1.1. Método de cálculo

A espessura mínima das partes submetidas a pressão deve ser calculada em função da intensidade das tensões e das disposições seguintes:

- a. A pressão de cálculo a ter em conta não deve ser inferior à pressão máxima de serviço PS escolhida;
- b. A tensão geral de membrana admissível não deve ser superior ao mais baixo dos valores 0,6 RET ou 0,03 Rm. Para determinar o estado de tensão admissível, o fabricante deve utilizar os valores de RET e Rm mínimos garantidos pelo fabricante do material.

Contudo, quando a parte cilíndrica do recipiente contiver uma ou várias soldaduras longitudinais feitas por um processo de soldadura não automática, a espessura, calculada de acordo com as regras indicadas no primeiro parágrafo, deve ser multiplicada pelo coeficiente 1,15.

### 2.1.2. Método experimental

A espessura das paredes deve ser determinada de tal modo que os recipientes possam, à temperatura ambiente, resistir a uma pressão igual a pelo menos cinco vezes a pressão máxima de serviço, com uma deformação circunferencial permanente inferior ou igual a 1 %.

### 3. PROCESSOS DE FABRICO

Os recipientes devem ser fabricados e sujeitos a controlos de produção de acordo com a documentação técnica de fabrico referida no ponto 3 do anexo II.

#### 3.1. Preparação das peças componentes

A preparação das peças componentes (por exemplo, formação ou chanfragem) não deve provocar defeitos superficiais, fissuras ou qualquer alteração das características mecânicas das peças que sejam susceptíveis de prejudicar a segurança na utilização dos recipientes.

#### 3.2. Soldaduras nas partes submetidas a pressão

As características das soldaduras e das zonas adjacentes devem ser idênticas às dos materiais soldados e não devem ter quaisquer defeitos superficiais ou internos susceptíveis de prejudicar a segurança na utilização dos recipientes.

As soldaduras devem ser executadas por soldadores ou operadores qualificados com um nível de aptidão apropriado e de acordo com processos de soldadura aprovados. Essas aprovações e qualificações devem ser concedidas por organismos de controlo autorizados.

O fabricante deve igualmente assegurar uma qualidade constante das soldaduras através de exames apropriados efectuados durante o fabrico, em moldes adequados. Estes exames devem ser objecto de um relatório.

### 4. ENTRADA EM SERVIÇO DOS RECIPIENTES

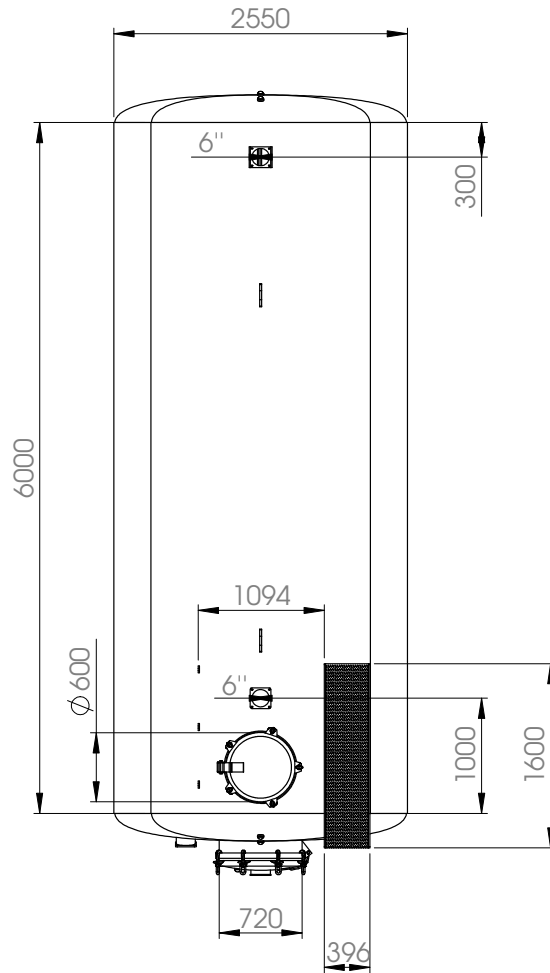
Cada recipiente deve ser acompanhado das instruções elaboradas pelo fabricante, de acordo com o previsto no ponto 2 do anexo II.

## ANEXO B – Listagem inicial dos componentes da cisterna

Componente	Nome
1	Virola
1.1.	Virola anterior
1.2.	Virola meio
1.3.	Virola posterior
2	Fundo elíptico posterior
3	Fundo elíptico anterior
4	Entrada de homem posterior
4.1	Tampa
4.2	Corpo
4.3	Braço
4.4	Suporte braço
4.5	Aro (altura)
4.6	Aro (profundidade)
4.7	Ponta tubo para picagem
4.8	Porcas
4.9	Unhas
4.10	Orelhas
5	Entrada de homem superior
5.1	Tampa
5.2	Corpo
5.3	Braço
5.4	Suporte braço
5.5	Aro (altura)
5.6	Aro (profundidade)
5.7	Porcas
5.8	Machos
5.9	Orelhas
6	Berços

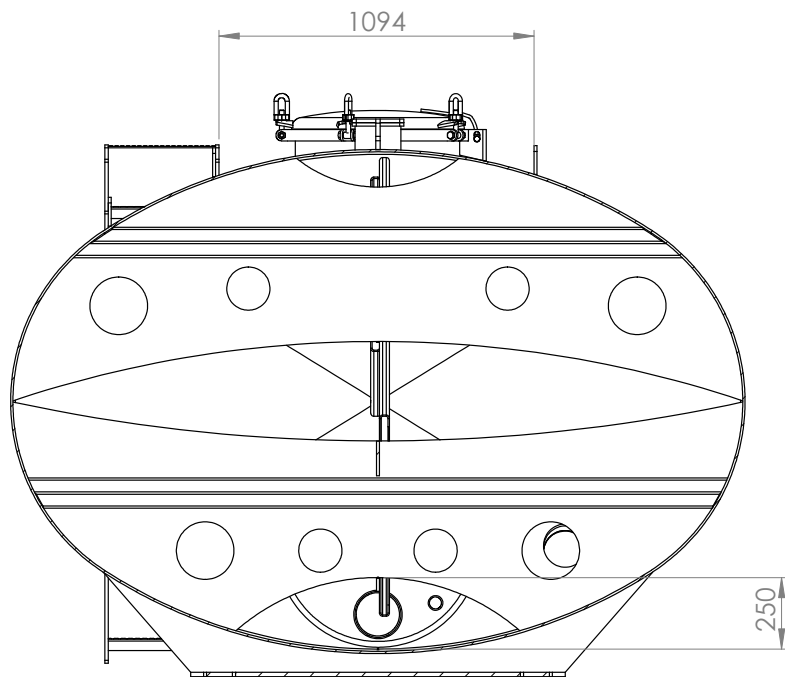
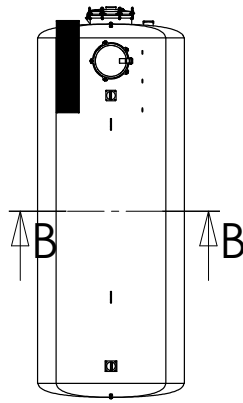
6.1	Chapa inferior
6.2	Chapas laterais
7	Escada
7.1	Barra inferior lateral
7.2	Barra superior lado direito
7.3	Barra superior lado esquerdo
7.4	Degraus
7.5	Chapa superior
7.6	Orelhas de fixação da escada
8	Orelhas para fixação da escada
9	Antepara transversal superior
10	Antepara transversal inferior
11	Anteparas longitudinais
11.1	Antepara longitudinal curta
11.2	Antepara longitudinal longa
12	Orelhas anteparas
13	Orelhas de suporte cesto protecção
14	Argolões de elevação
15	Visores
16	Flange 6"
17	Flange 6" para "o-ring"
18	Flange 6" cega

**ANEXO C – Desenhos enviados para o cliente para aprovação**



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

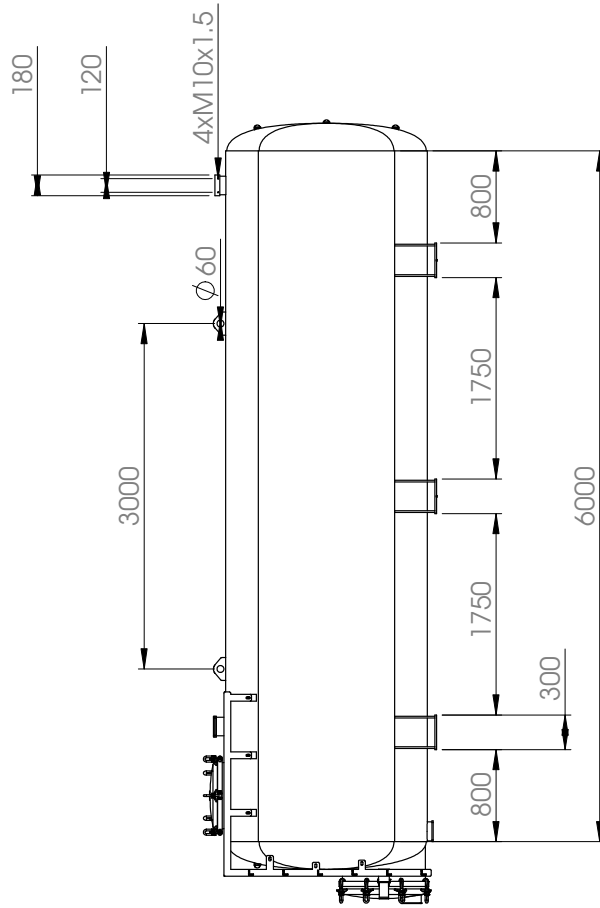
	Nome	DATE	Designação	
Desenhou	Miguel Sampaio		Vista superior	A4
Verificou	Miguel Couto			
Aprovou	Miguel Couto			
			Escala: 1/50	



SECTION B-B  
SCALE 1 : 20

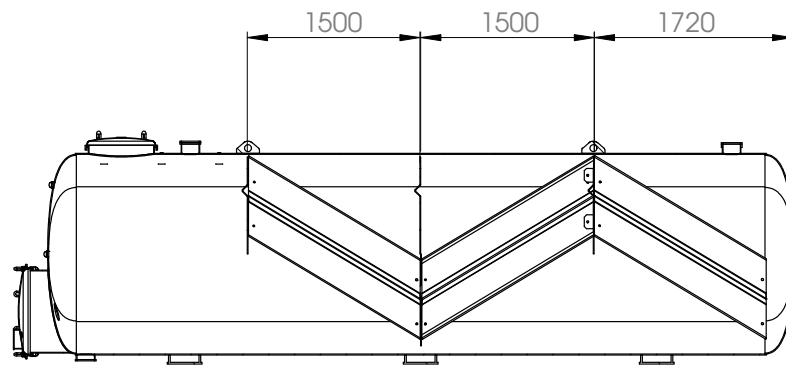
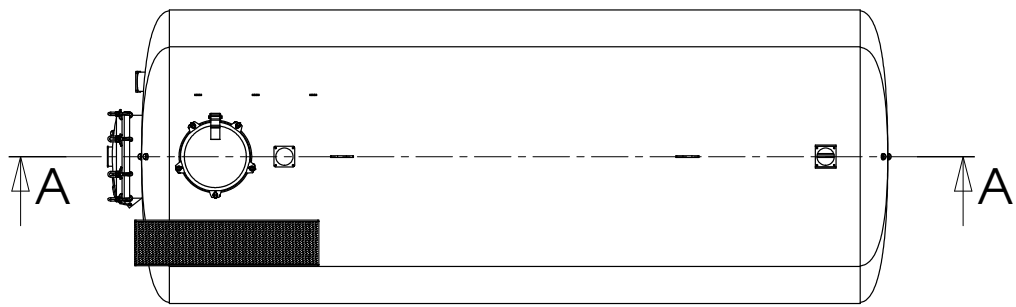
**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

	Nome	DATE	Designação	
Desenhou	Miguel Sampaio		Vista Posterior (vista anterpapa inferior)	A4
Verificou	Miguel Couto			
Aprovou	Miguel Couto		Escala: 1/50	



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

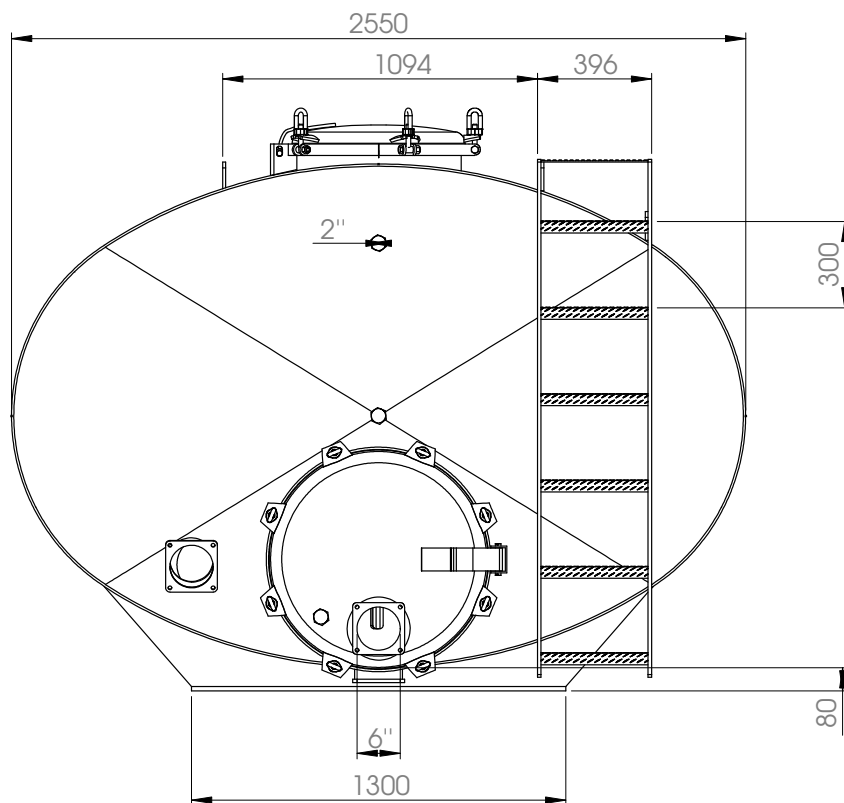
Designação	Vista lateral		A4
Nome	Miguel Sampaio	Data	
Verificou	Miguel Couto		
Aprovou	Miguel Couto	Escala: 1/50	



SECTION A-A  
SCALE 1 : 50

**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

	Nome	DATE	Designação	
Desenhou	Miguel Sampalo		Vista lateral (posicionamento das anteparas)	A4
Verificou	Miguel Couto			
Aprovou	Miguel Couto			
			Escala: 1/50	

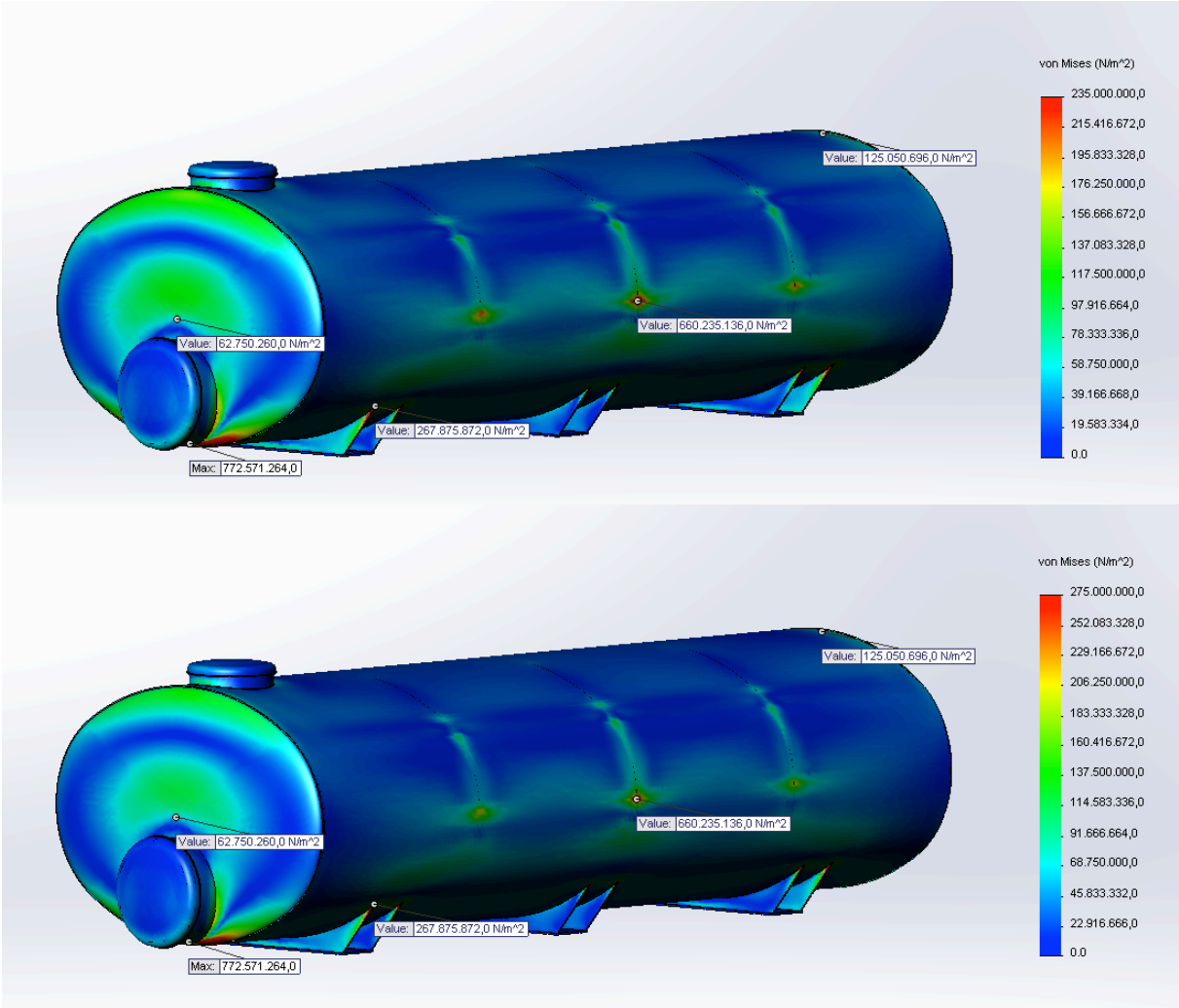


**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

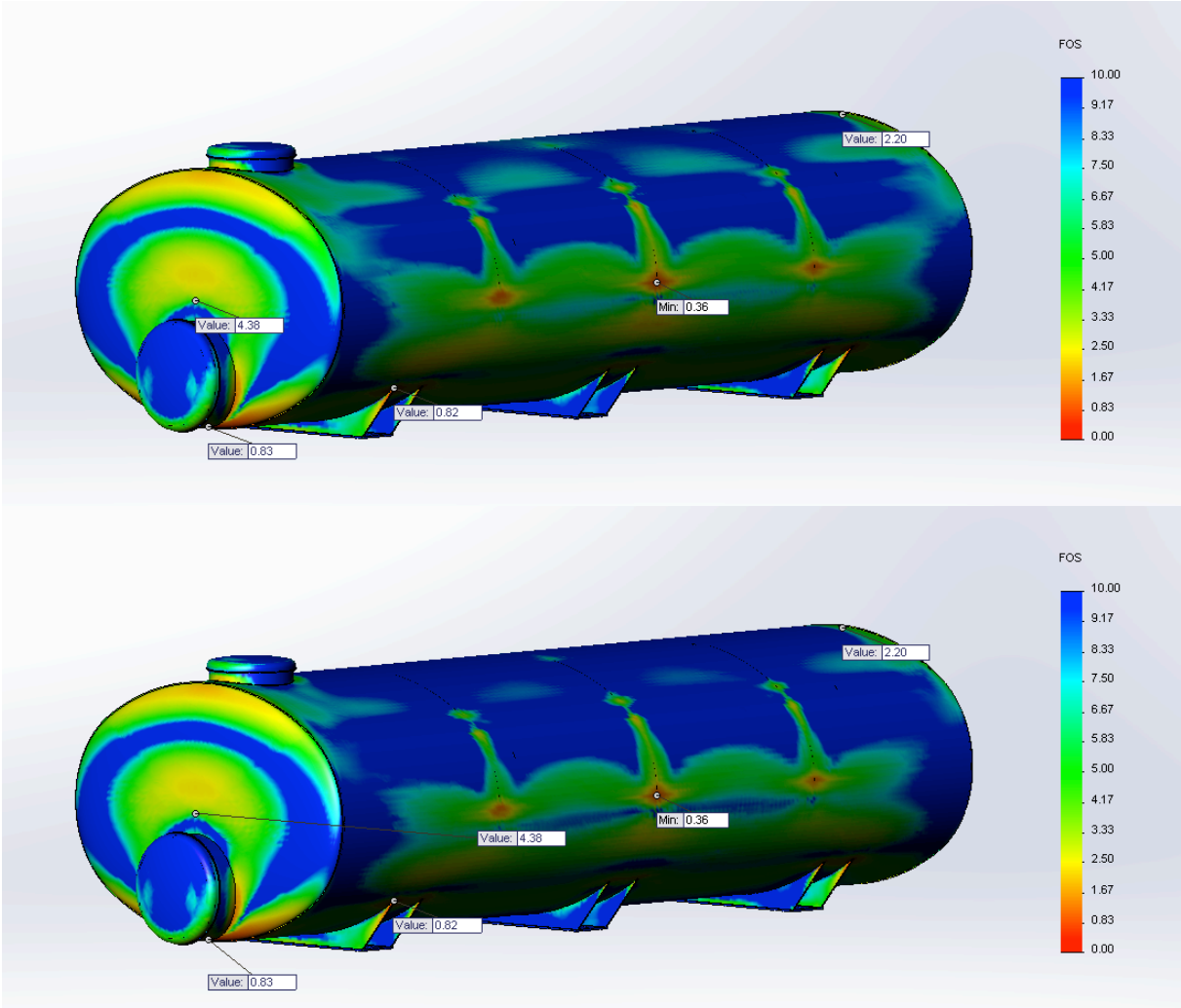
	Nome	DATE	Designação	
Desenhou	Miguel Sampalo		Vista de trás	A4
Verificou	Miguel Couto			
Aprovou	Miguel Couto			
			Escala: 1/20	

# ANEXO D – Resultados das simulações com o modelo beta

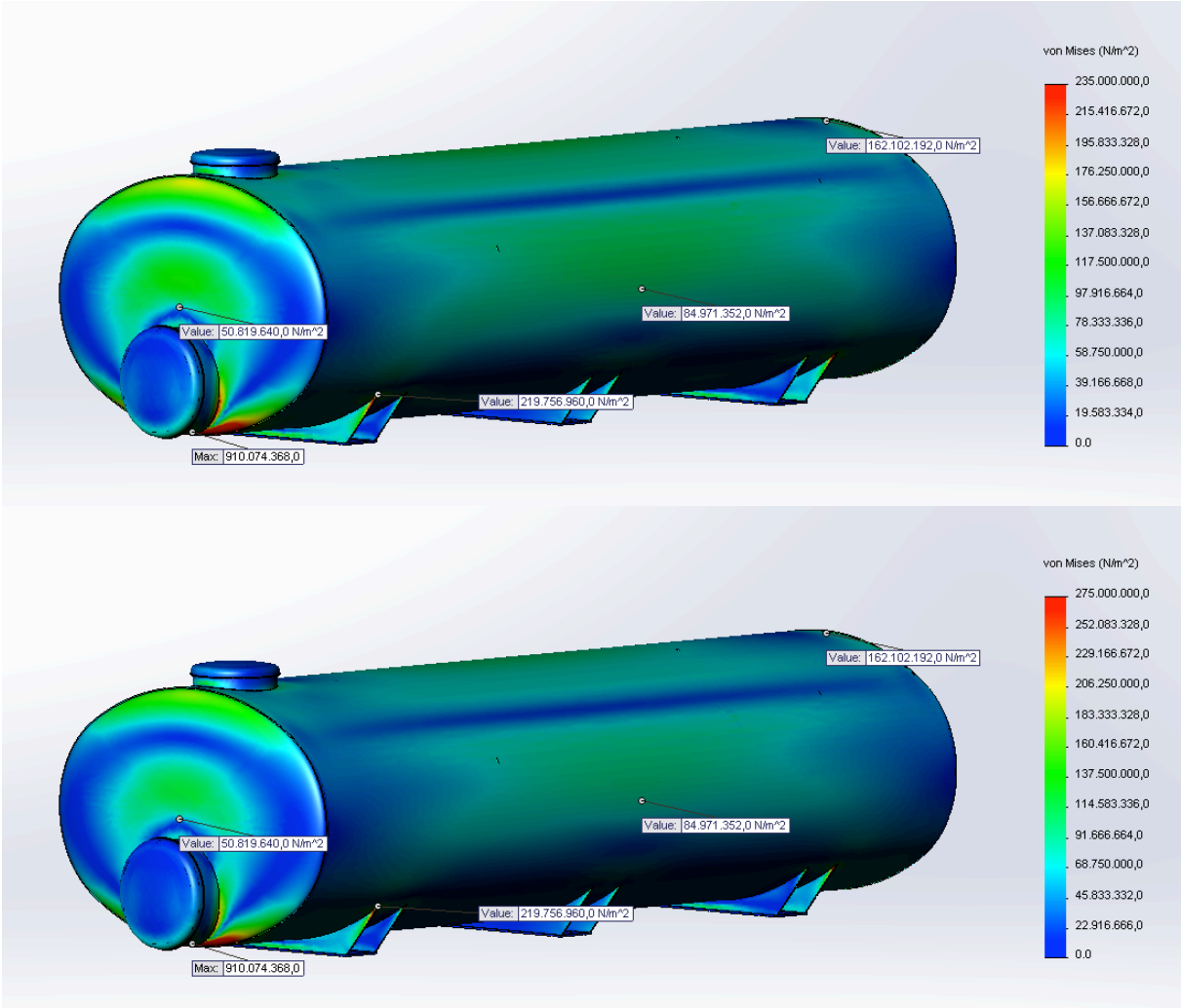
Distribuição de Von Mises - S235JR e S275JR (com anteparas)



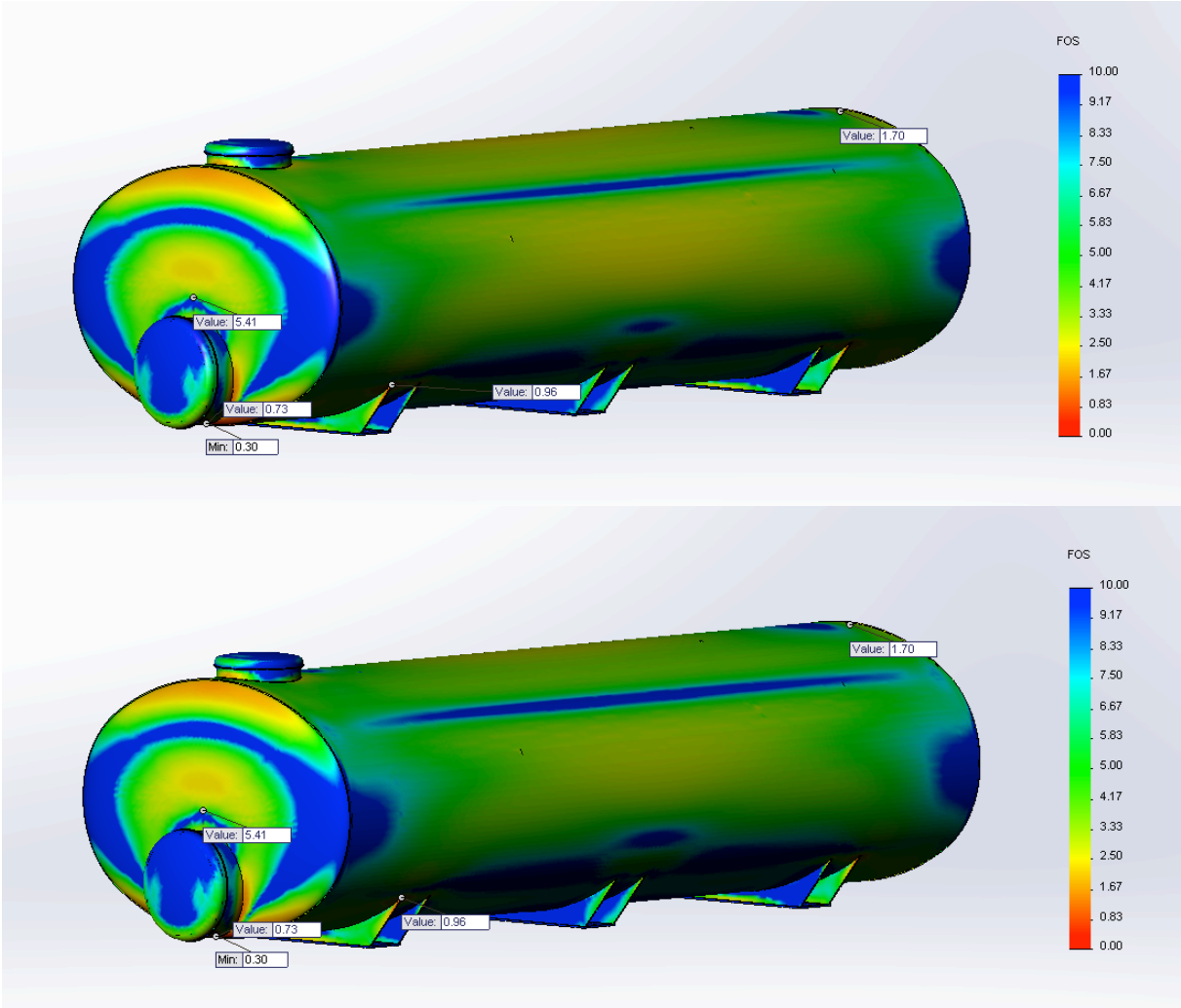
Distribuição de fator de segurança - S235JR e S275JR (com anteparas)



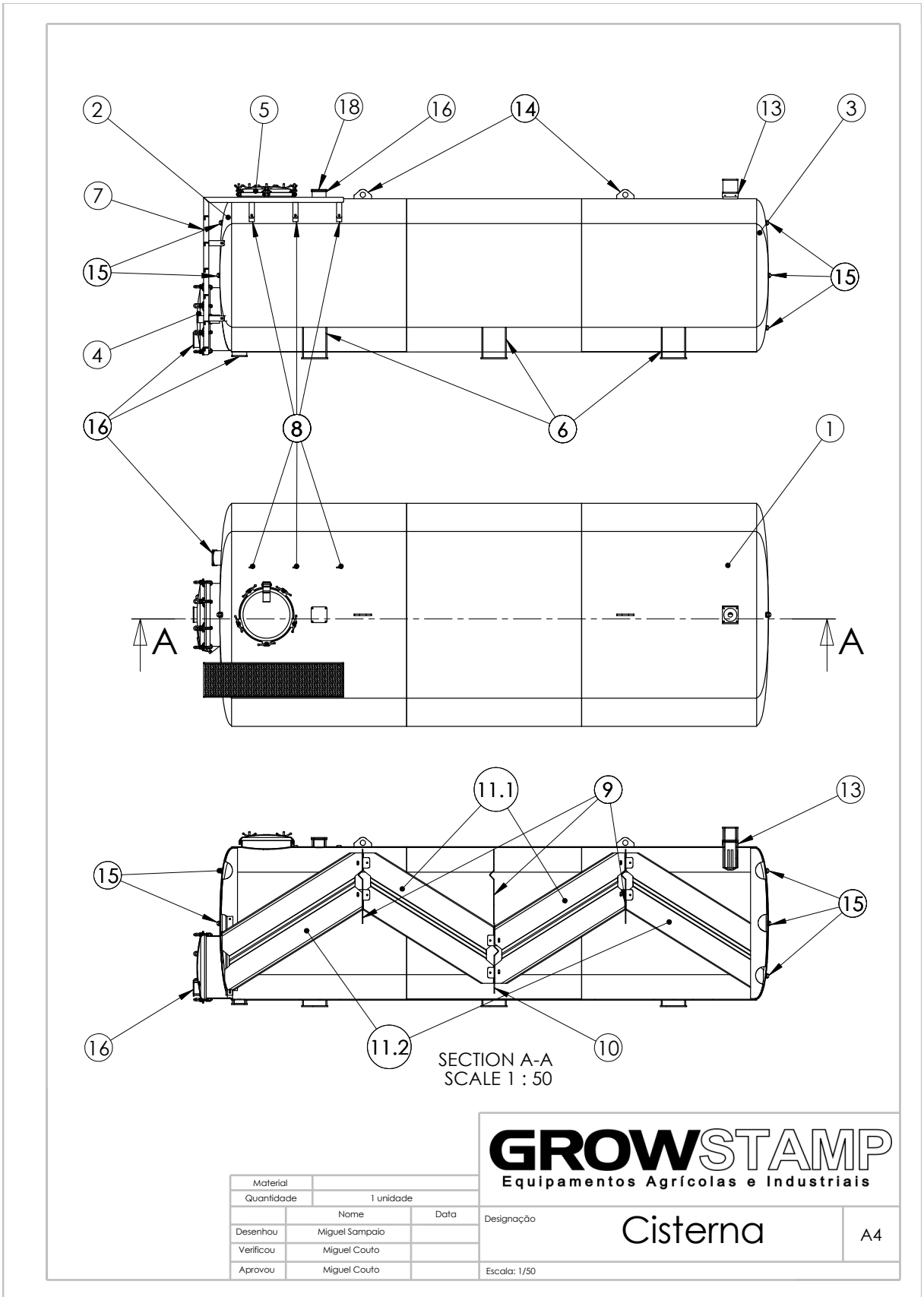
Distribuição de Von Mises - S235JR e S275JR (sem anteparas)

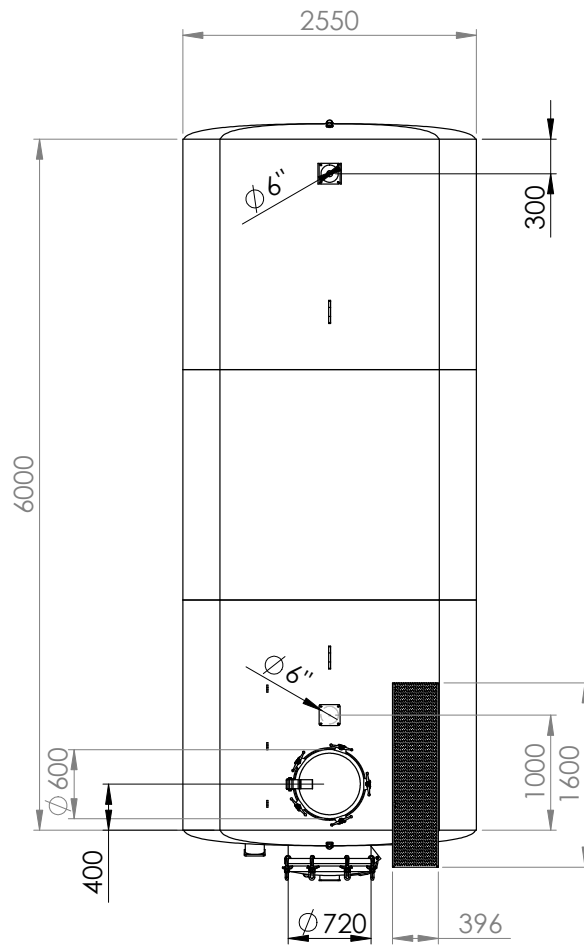


Distribuição de fator de segurança - S235JR e S275JR (sem anteparas)



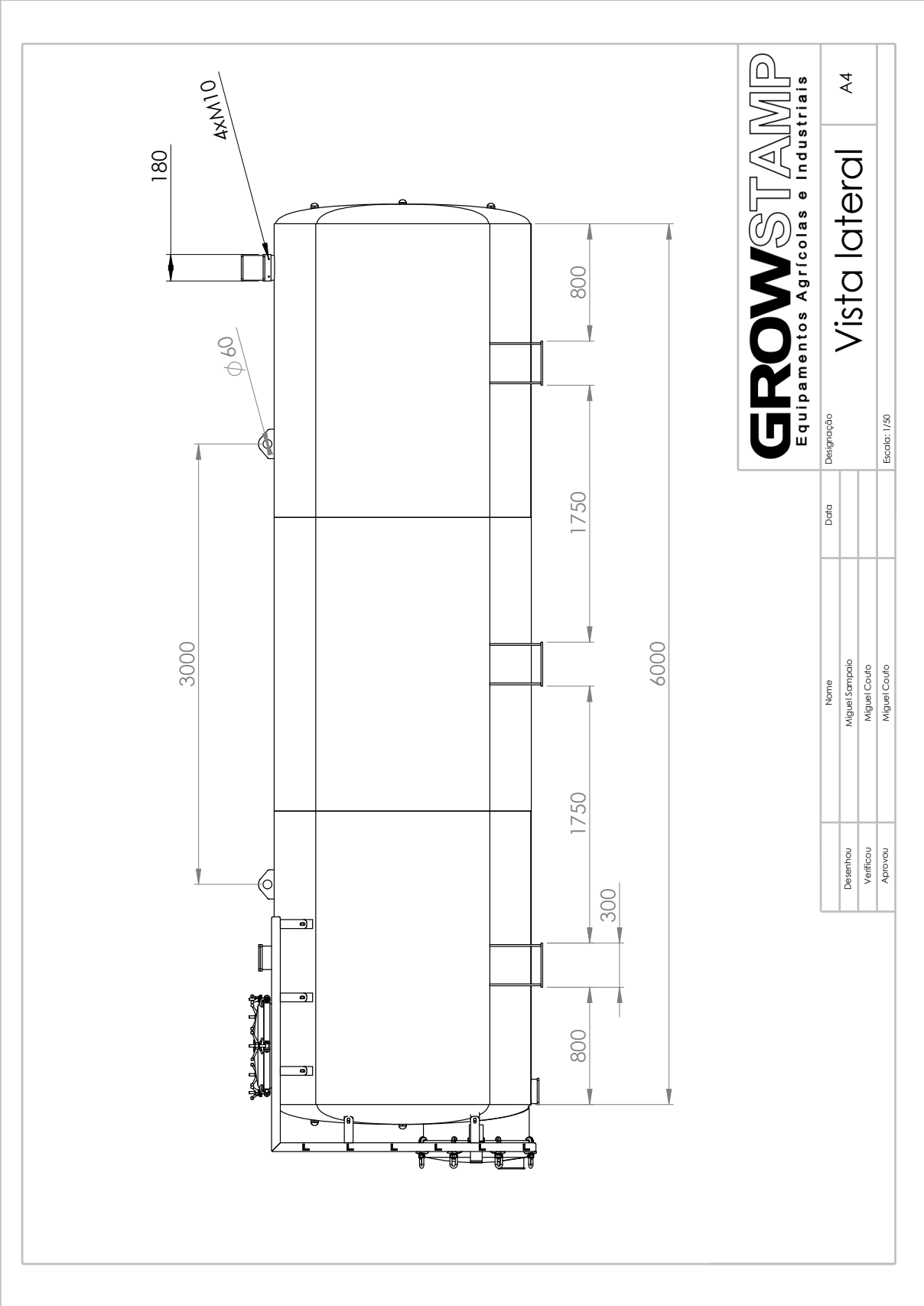
## ANEXO E – Desenhos finais para construção





**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

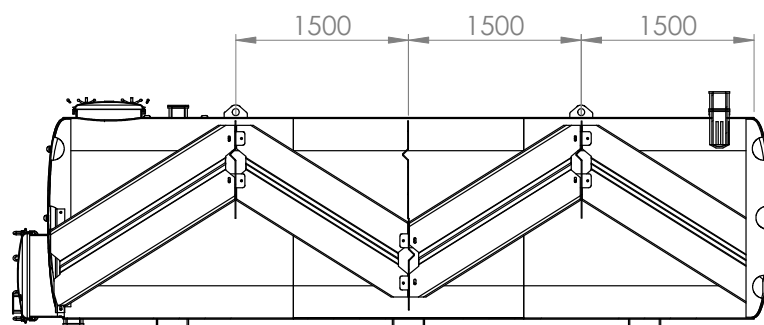
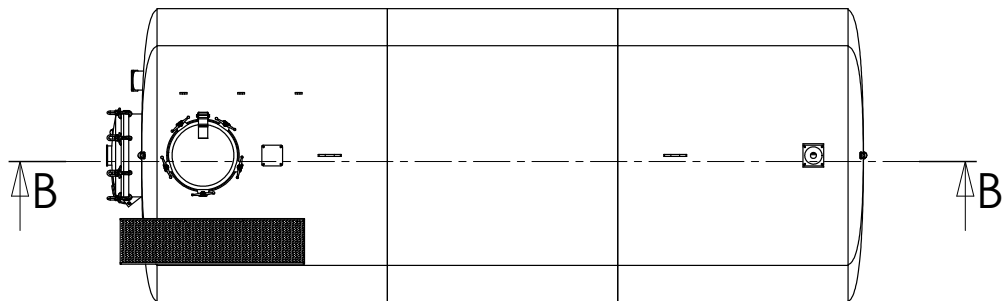
	Nome	DATE	Designação	
Desenhou	Miguel Sampaio		Vista superior	A4
Verificou	Miguel Couto			
Aprovou	Miguel Couto			
			Escala: 1/50	



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Designação: Vista lateral A4  
Escala: 1/50

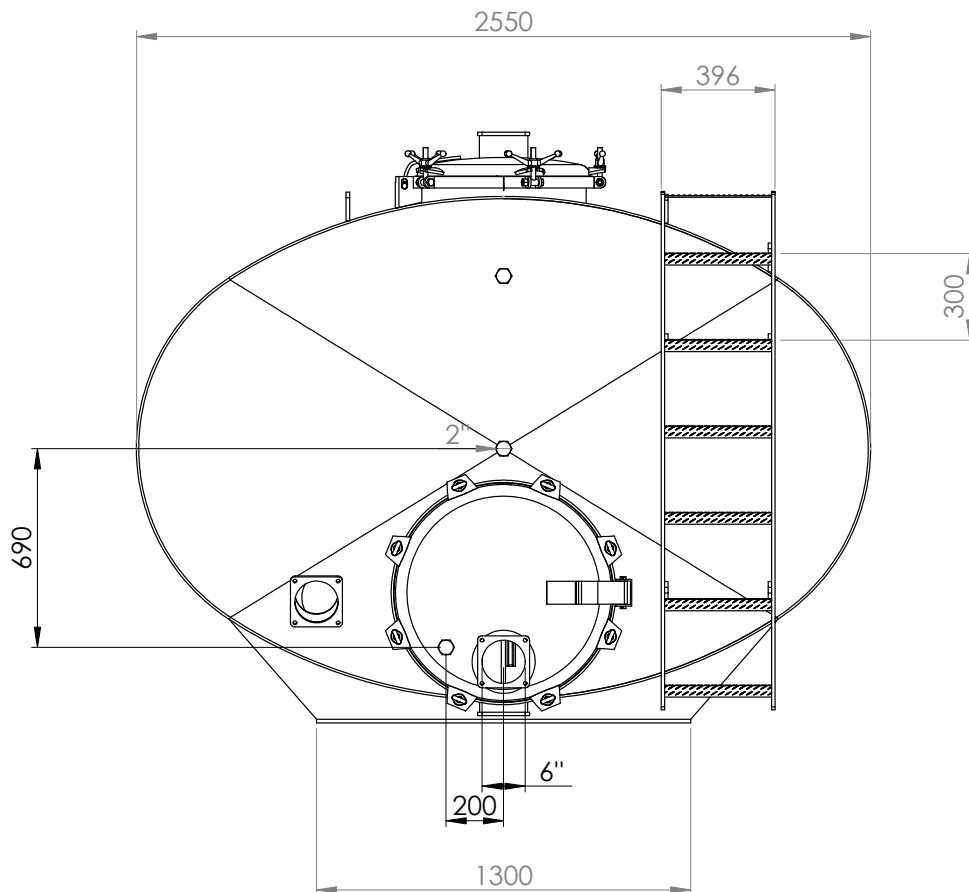
Designação		Data	
Desenhou	Miguel Sampaio		
Verificou	Miguel Couto		
Aprovou	Miguel Couto		



SECTION B-B  
SCALE 1 : 50

**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

	Nome	DATE	Designação	
Desenhou	Miguel Sampaio		Vista lateral (posicionamento das anteparas) Sugestão B	A4
Verificou	Miguel Couto			
Aprovou	Miguel Couto			
			Escala: 1/50	

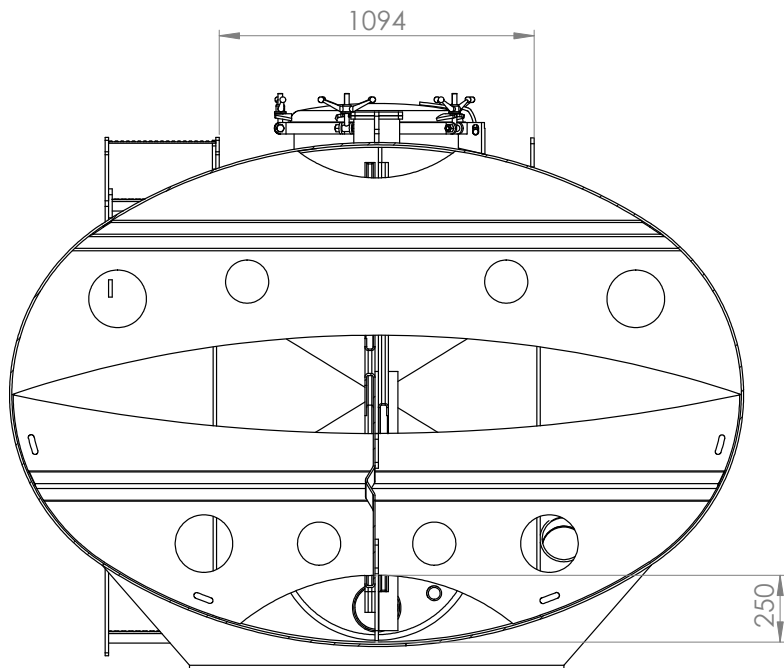
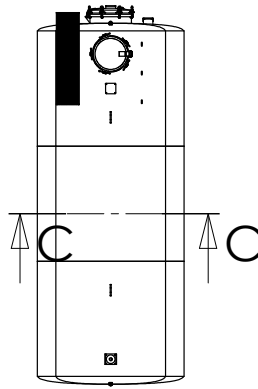


**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

	Nome	DATE	Designação
Desenhou	Miguel Sampaio		Vista de trás
Verificou	Miguel Couto		
Aprovou	Miguel Couto		

Escala: 1/20

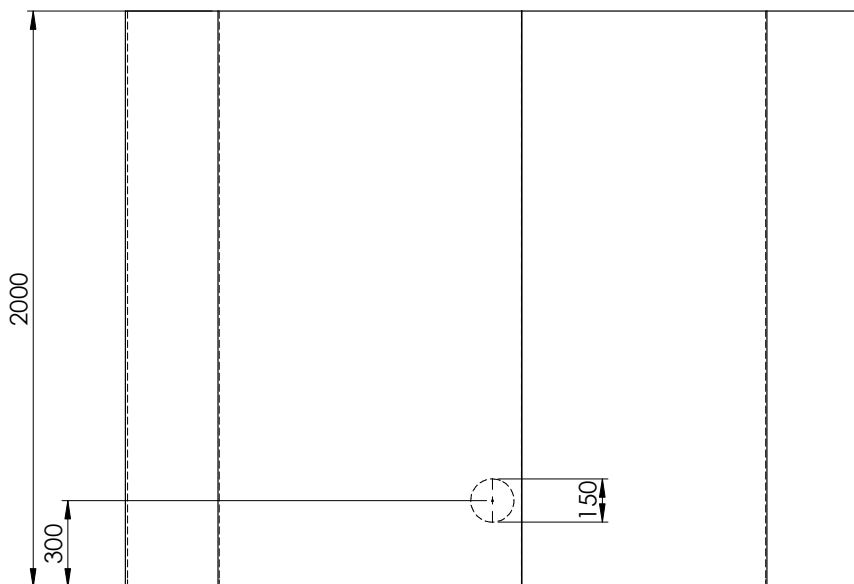
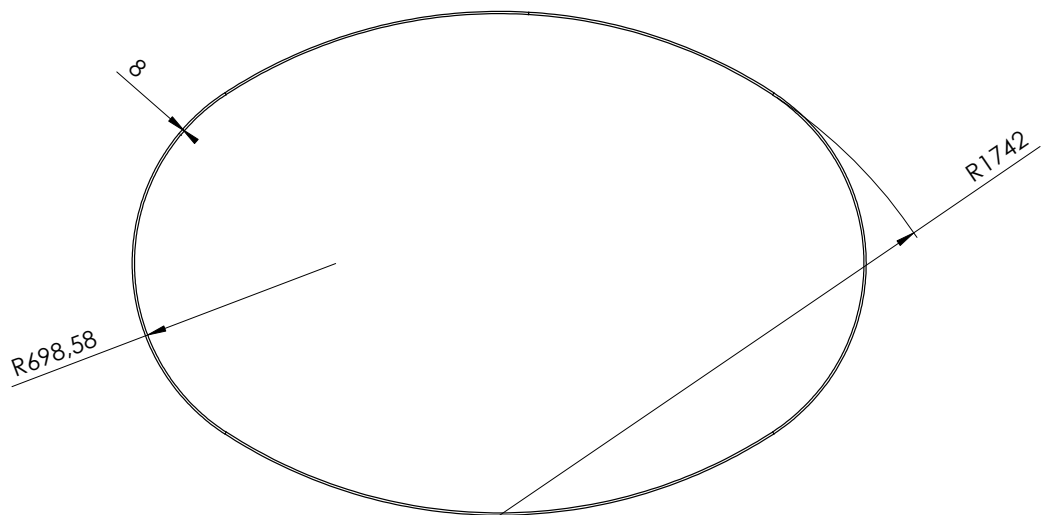
A4



SECTION C-C  
SCALE 1 : 20

**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

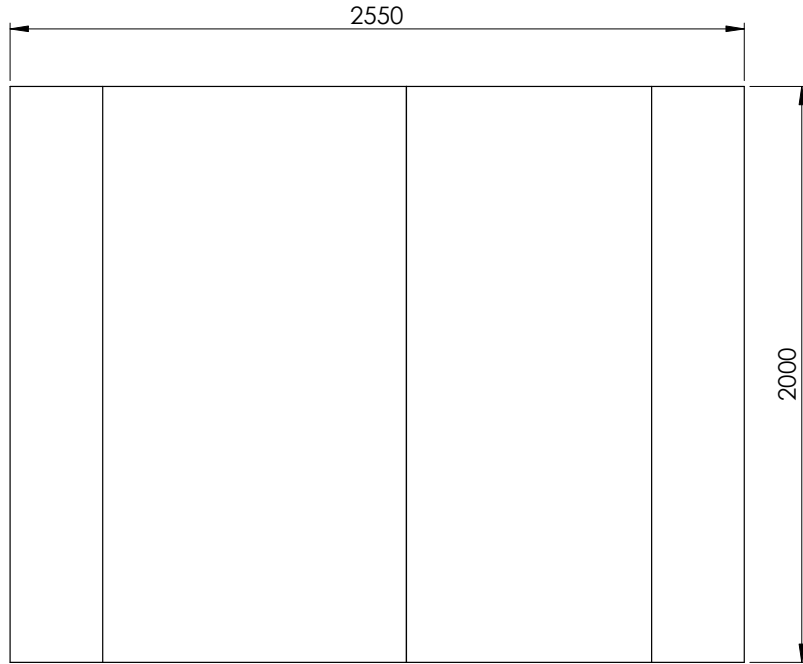
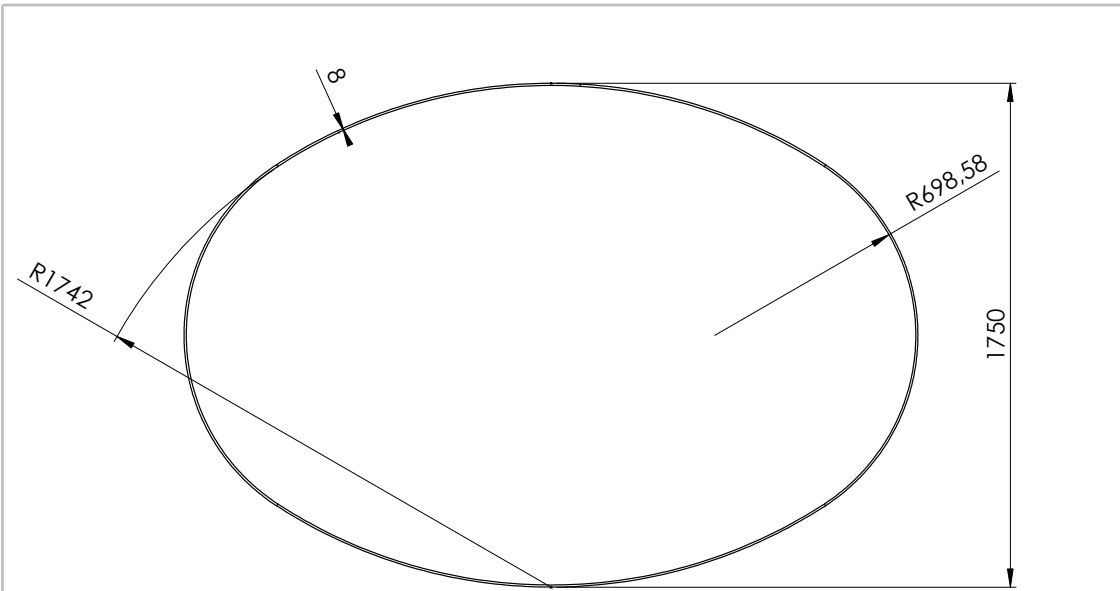
	Nome	DATE	Designação	
Desenhou	Miguel Sampaio		Vista Posterior (vista anterpapa inferior)	A4
Verificou	Miguel Couto			
Aprovou	Miguel Couto		Escala: 1/50	



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	Aço ST 52 (8mm)	
Quantidade	1 unidade	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

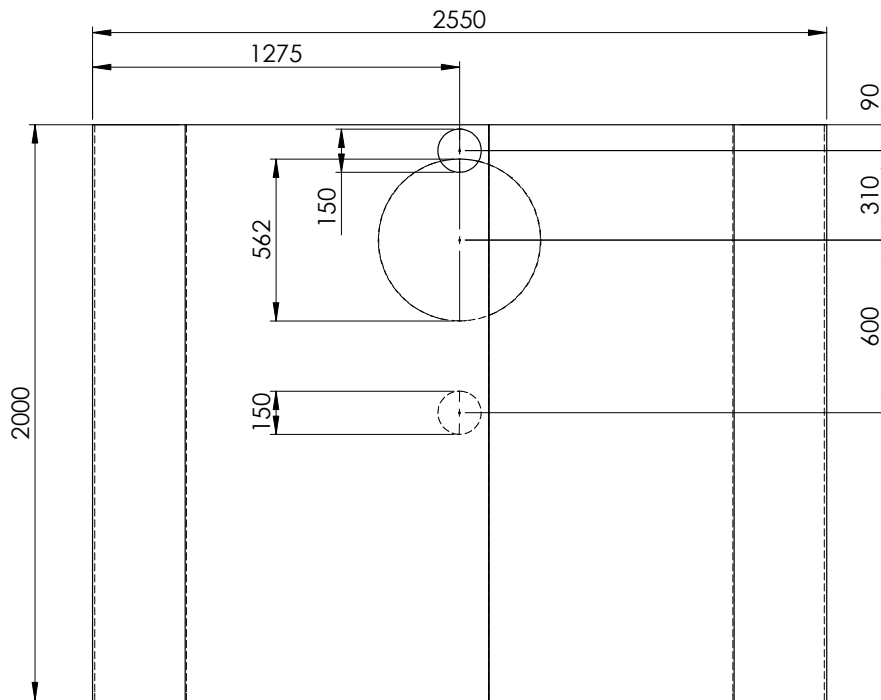
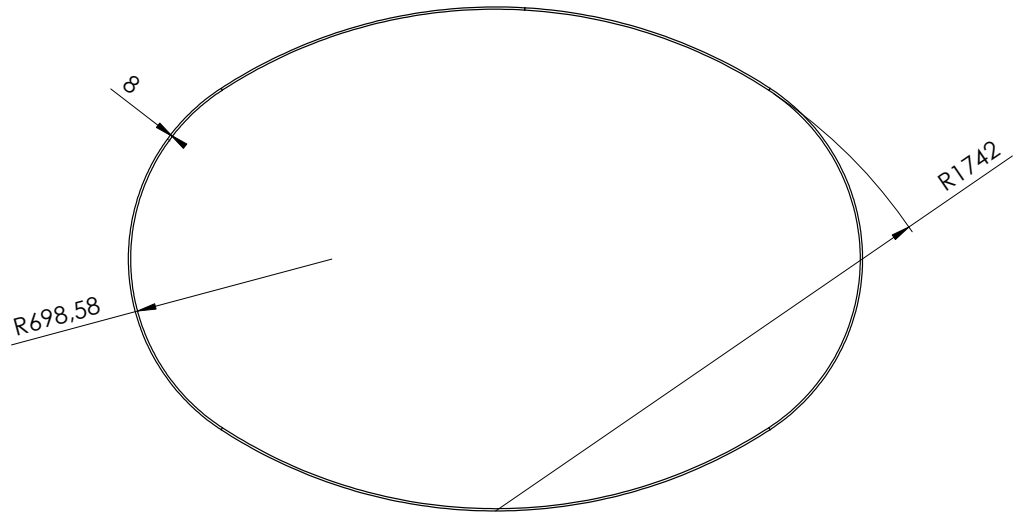
Designação	1.1. Virola anterior	A4
Escala:	1/20	



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	Aço ST 52 (8mm)	
Quantidade	1 unidade	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

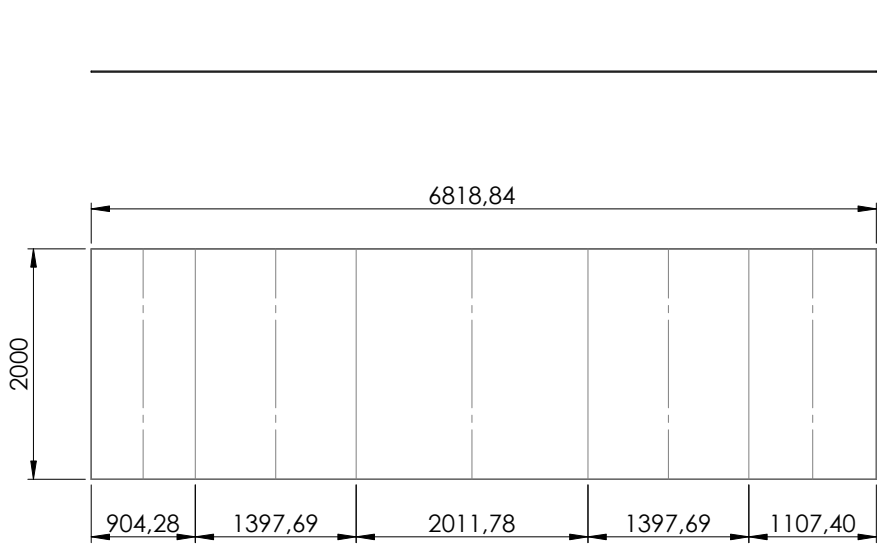
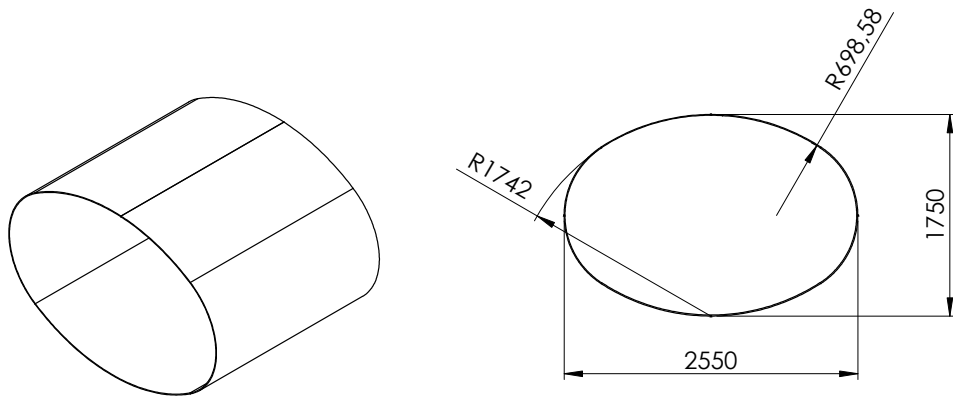
Designação: **1.2. Virola meio** | A4  
Escala: 1/20



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	Aço ST 52 (8mm)	
Quantidade	1 unidade	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

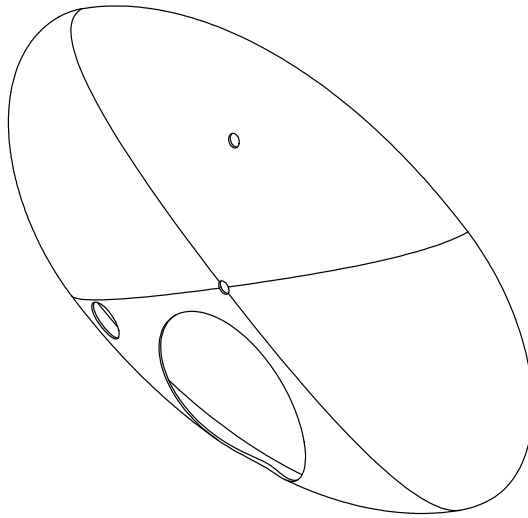
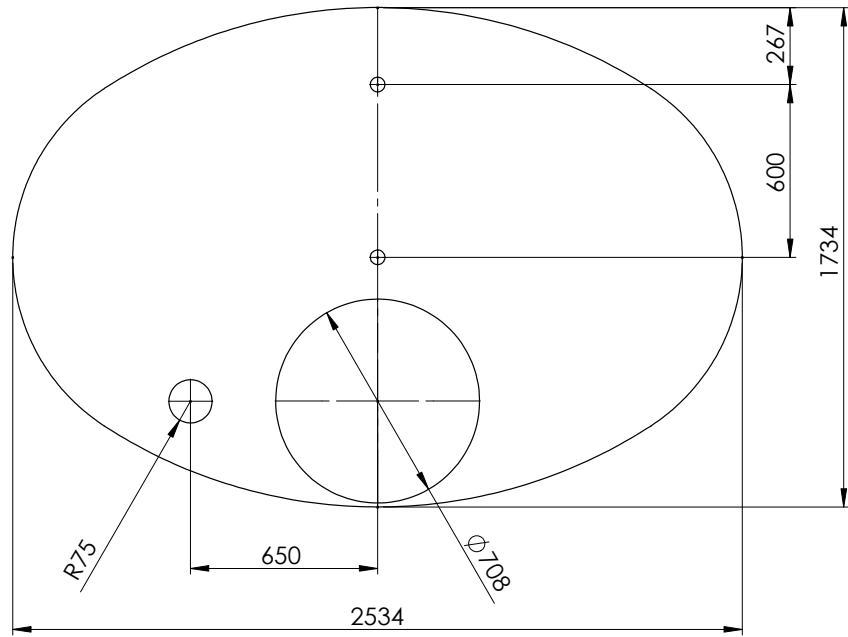
Designação  
**1.3. Virola posterior** A4  
Escala: 1/20



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	Aço ST 52 (8mm)	
Quantidade	1 unidade	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

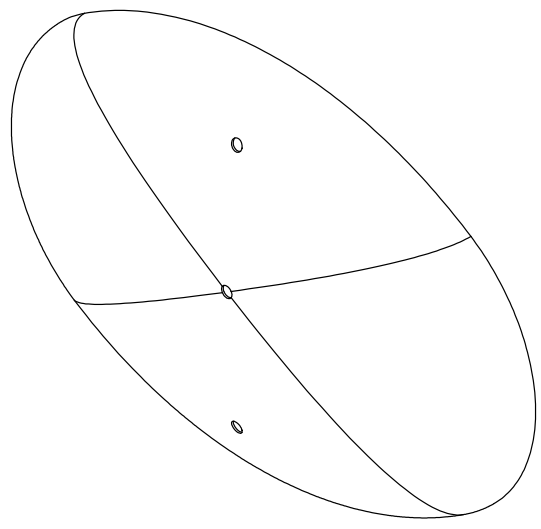
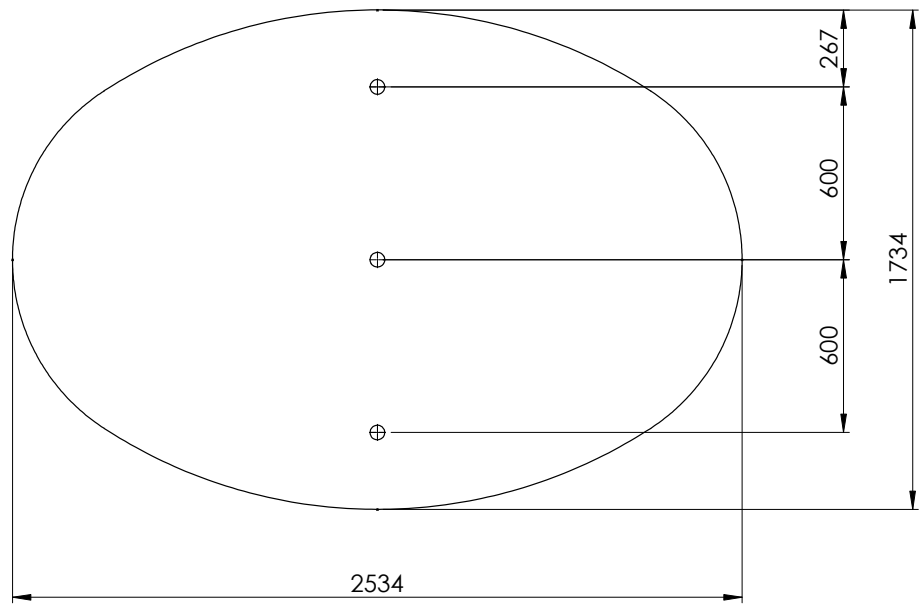
Designação	Virola planificado	A4
Escala:	1/20	



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	Aço ST 44	
Quantidade	1 unidades	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

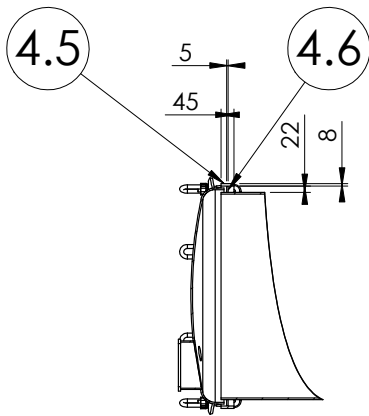
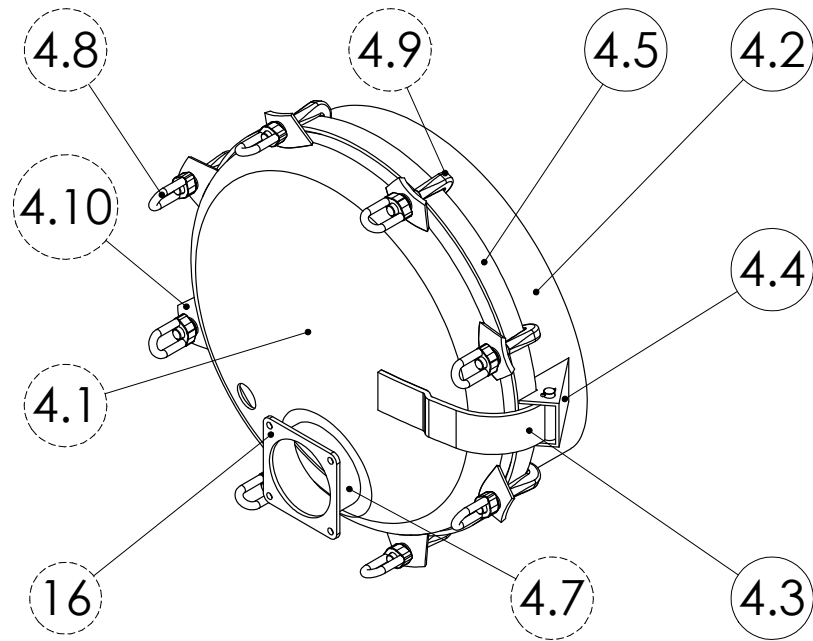
Designação	2. Fundo elíptico posterior	A4
Escala:	1/20	



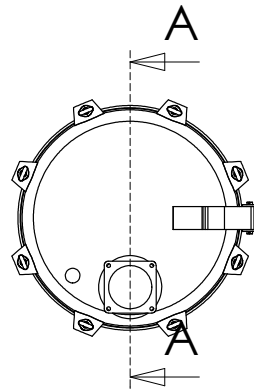
**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	Aço ST 44	
Quantidade	1 unidades	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação	3. Fundo elíptico anterior	A4
Escala:	1/20	



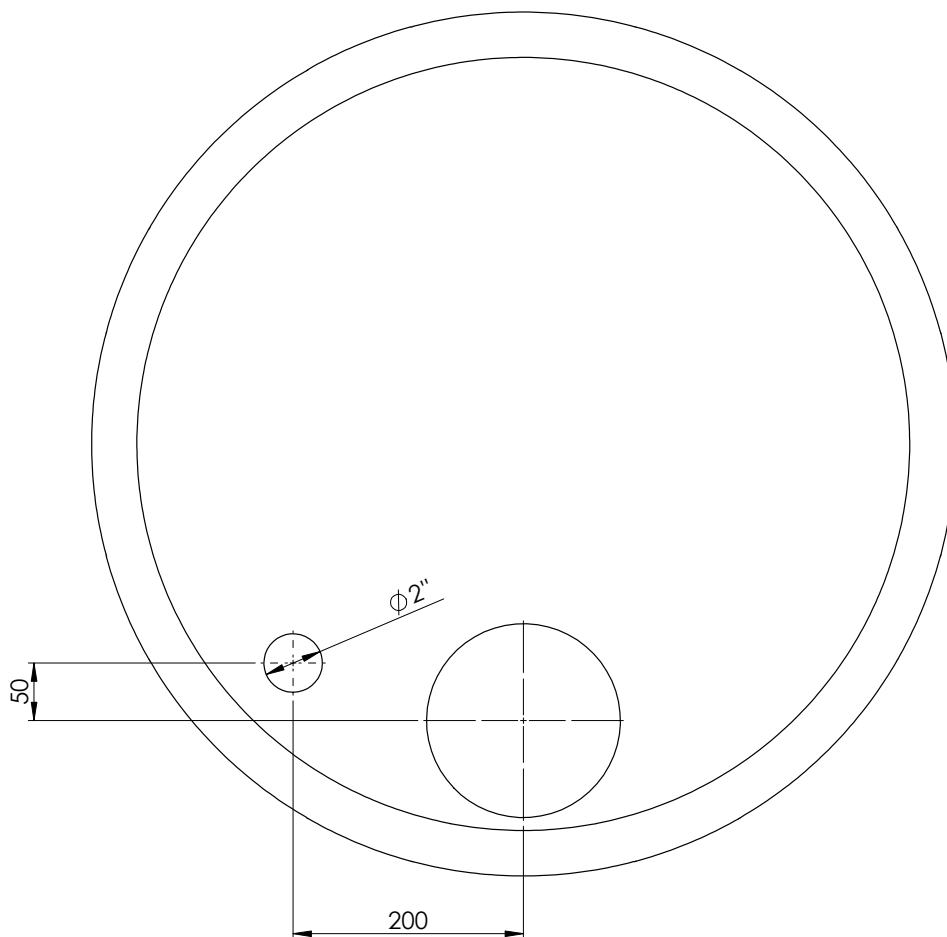
SECTION A-A  
SCALE 1 : 20



SCALE 1 : 20

**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material			
Quantidade	1 unidade		
	Nome	Data	Designação
Desenhou	Miguel Sampaio		4. Entrada homem posterior
Verificou	Miguel Couto		
Aprovou	Miguel Couto		
			Escala: 1/10
			A4



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

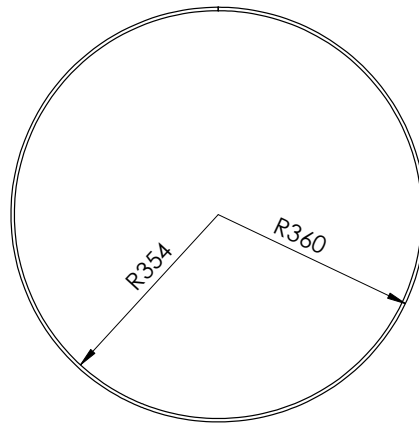
Material	Aço ST 37 (e=6mm)	
Quantidade	1 unidade	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação

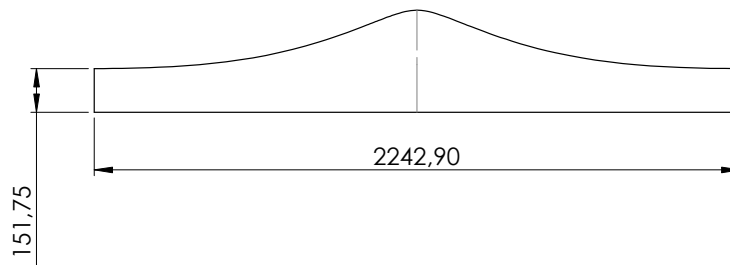
4.1. Tampo

A4

Escala: 1/20



DOWN 359.97° R 354



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

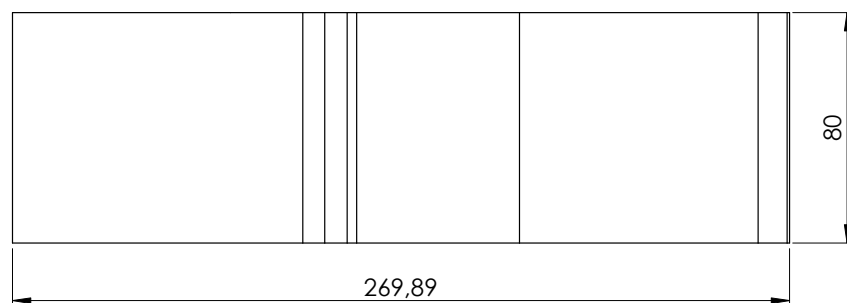
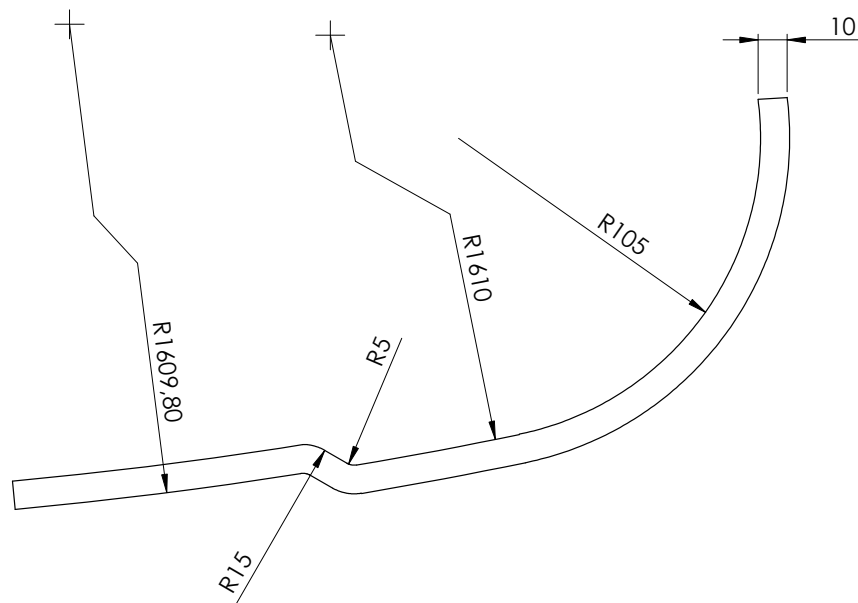
Material	Aço ST 37 (e=6mm)	
Quantidade	1 unidade	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação

4.2. Corpo

A4

Escala: 1/20



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

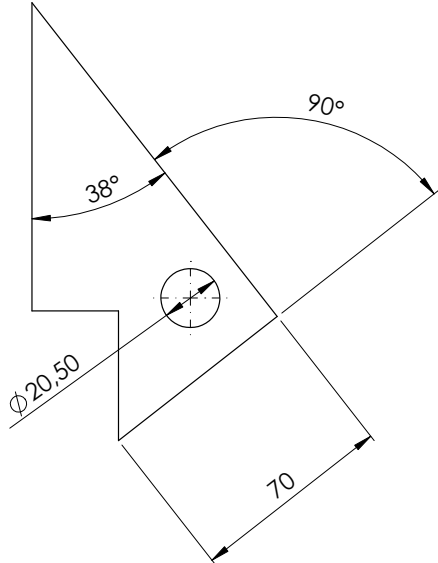
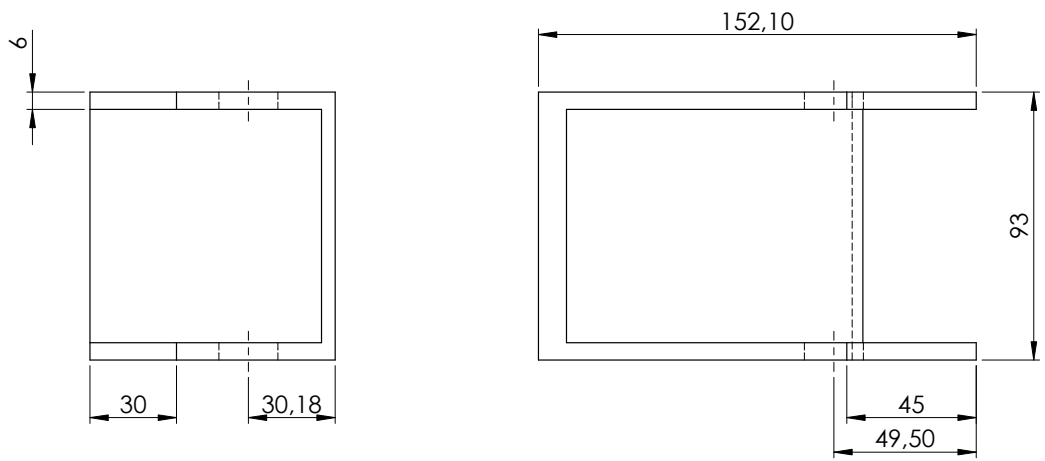
Material		
Quantidade	1 unidade	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação

4.3. Braço

A4

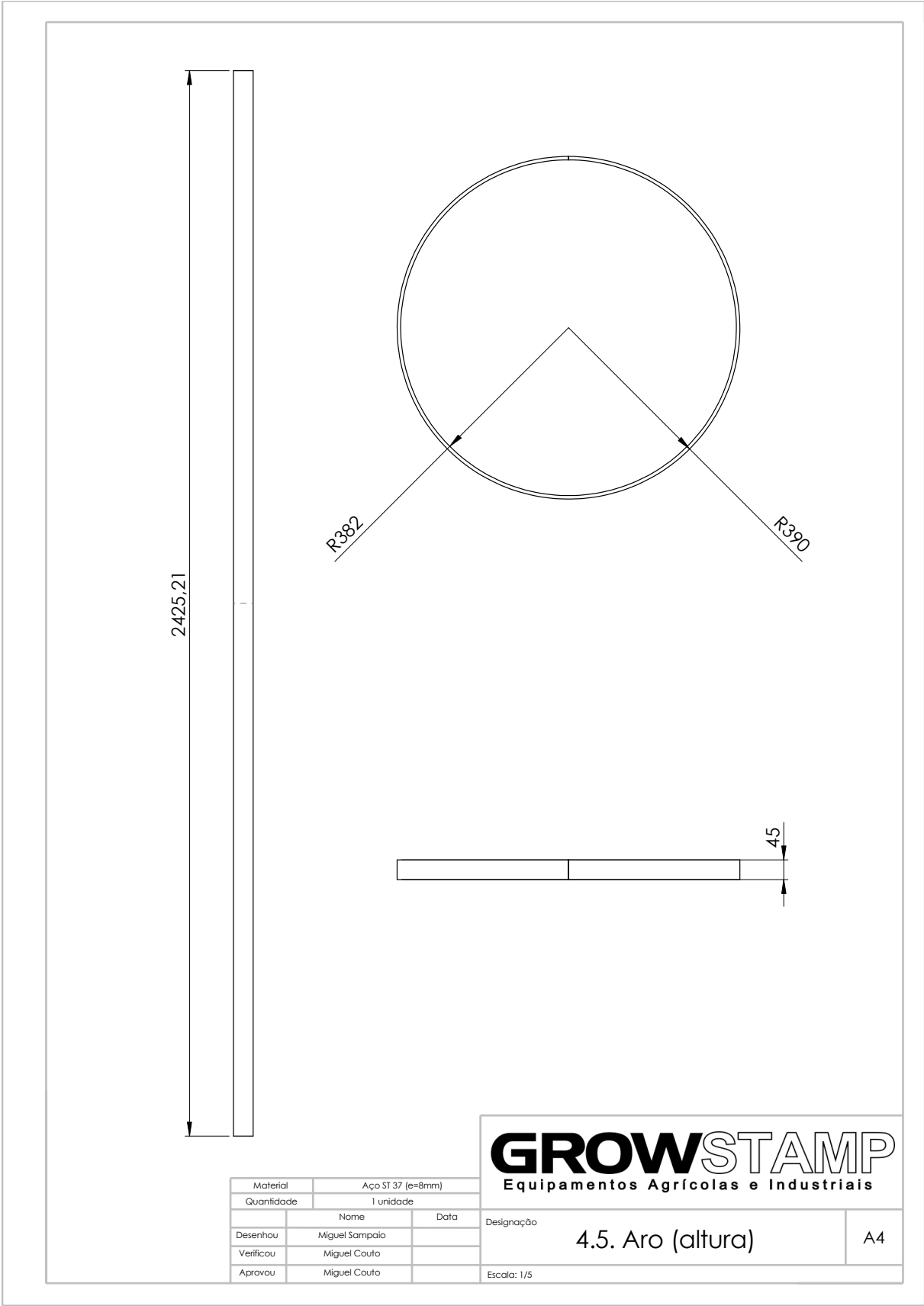
Escala: 1/2

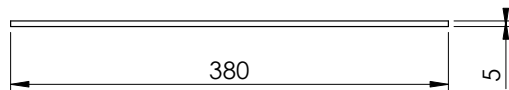
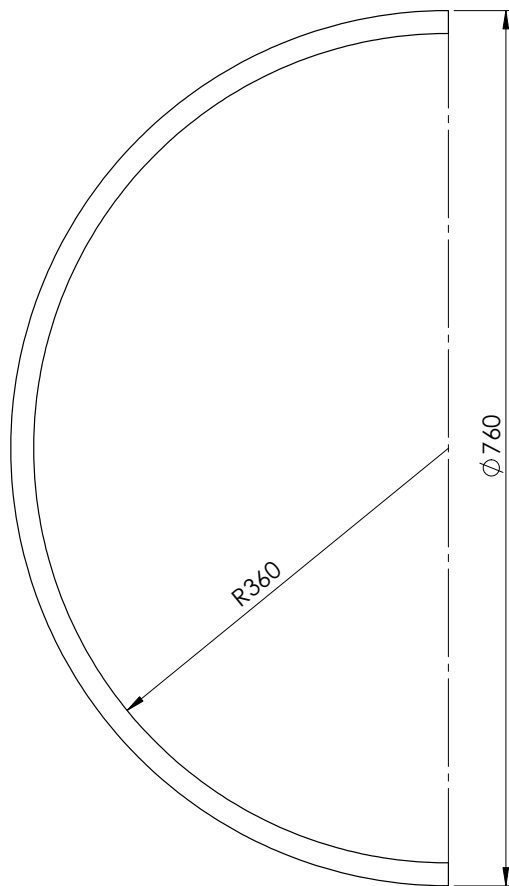


**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material		
Quantidade	1 unidade	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação: **4.4. Suporte braço** A4  
Escala: 1/2



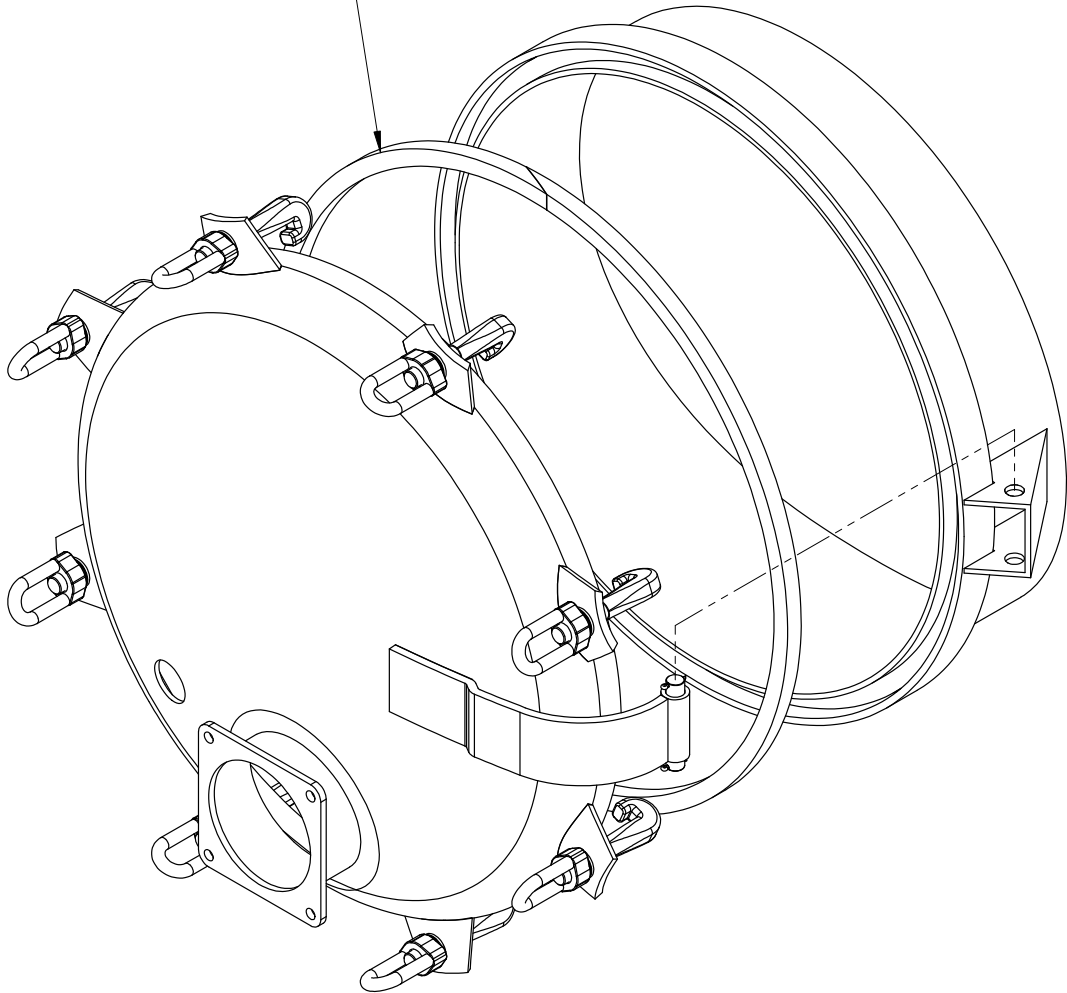


**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	Aço ST 37 (e=5mm)	
Quantidade	2 unidades	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

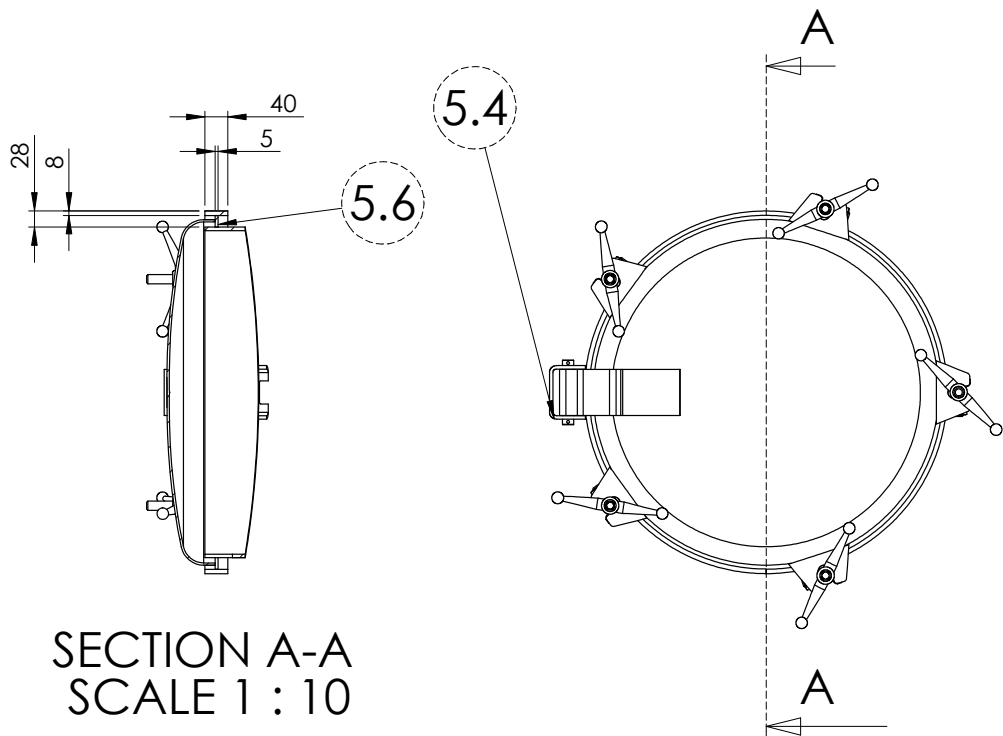
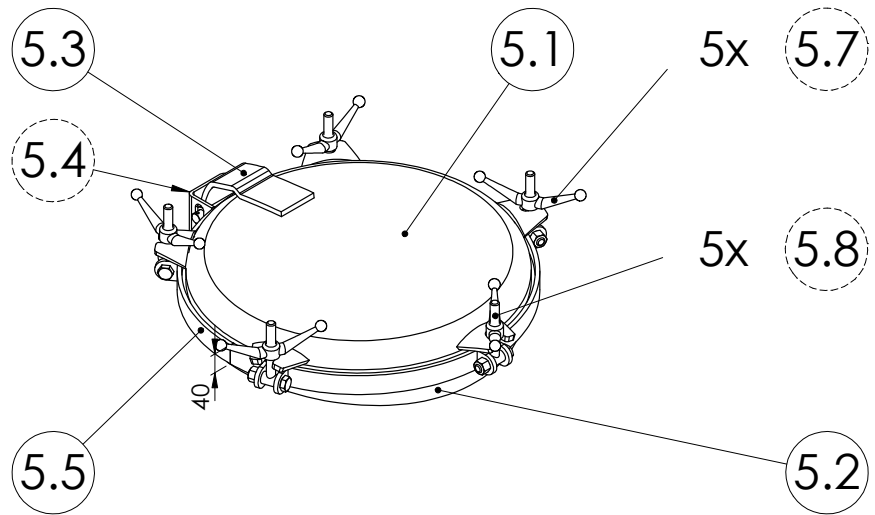
Designação	4.6. Aro (profundidade)	A4
Escala:	1/5	

Borracha maciça 20x20 (montagem em cunha)



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

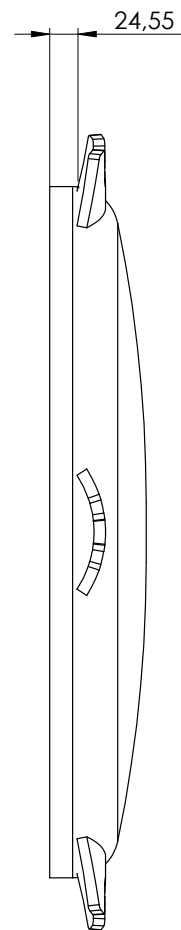
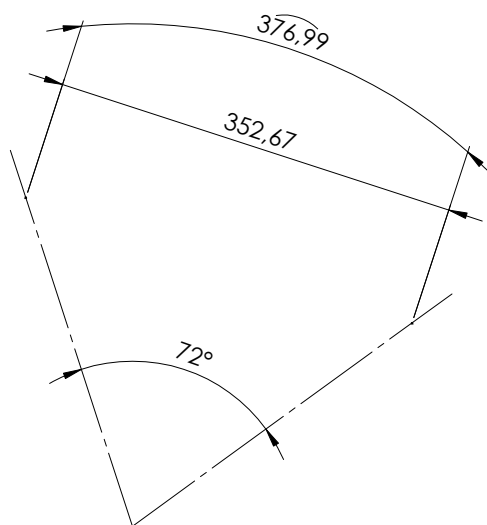
Material				
Quantidade				
	Nome	Data	Designação	
Desenhou	Miguel Sampaio		Montagem da borracha (porta de homem posterior)	A4
Verificou	Miguel Couto			
Aprovou	Miguel Couto		Escala: 1/6	



SECTION A-A  
SCALE 1 : 10

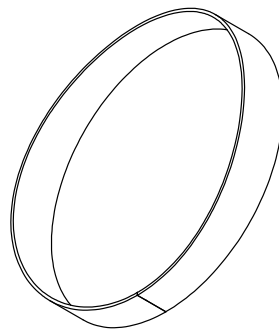
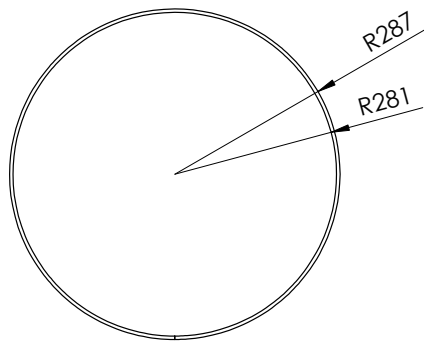
**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material				Designação	A4
Quantidade					
	Nome	Data			
Desenhou	Miguel Sampaio		5. Entrada de homem superior		
Verificou	Miguel Couto				
Aprovou	Miguel Couto		Escala: 1/10		

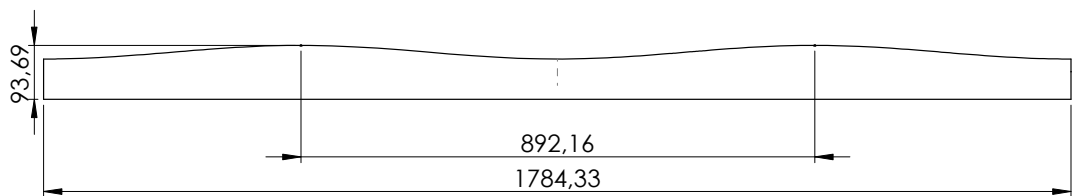


**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	1 unidade		Designação	A4
Quantidade	Nome	Data		
Desenhou	Miguel Sampaio		5.1. Tampo homem superior	
Verificou	Miguel Couto			
Aprovou	Miguel Couto			



DOWN 359.98° R 281



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

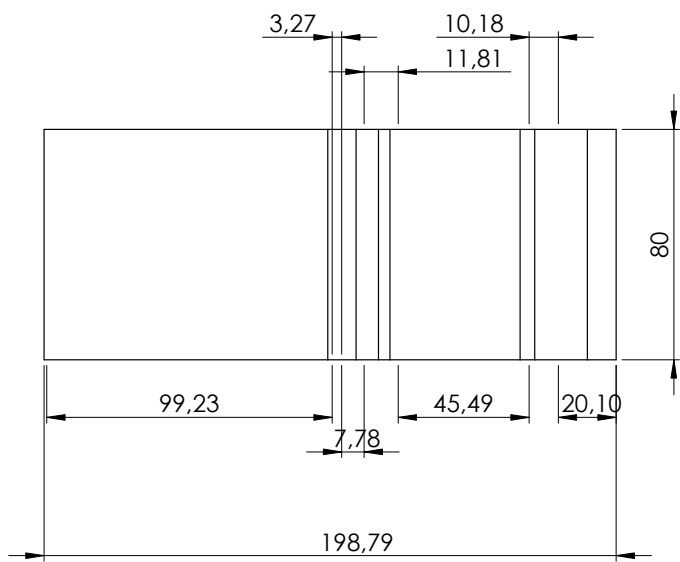
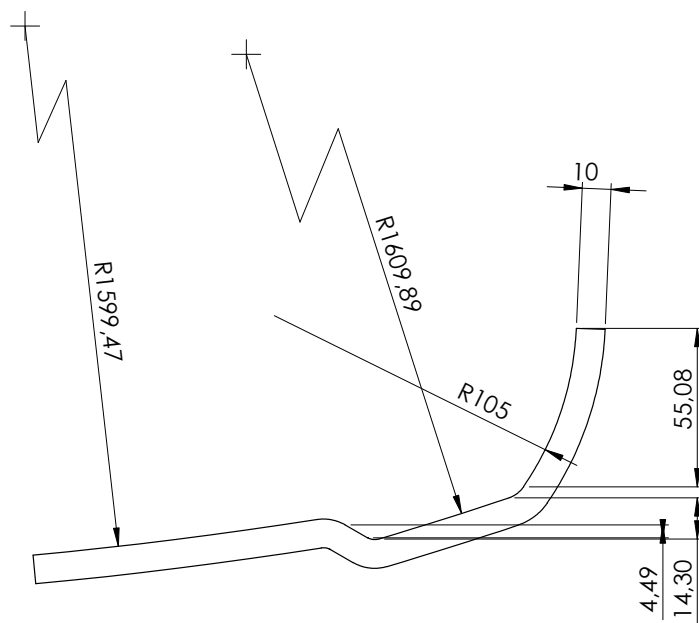
Material		
Quantidade	1 unidade	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação

5.2. Corpo

A4

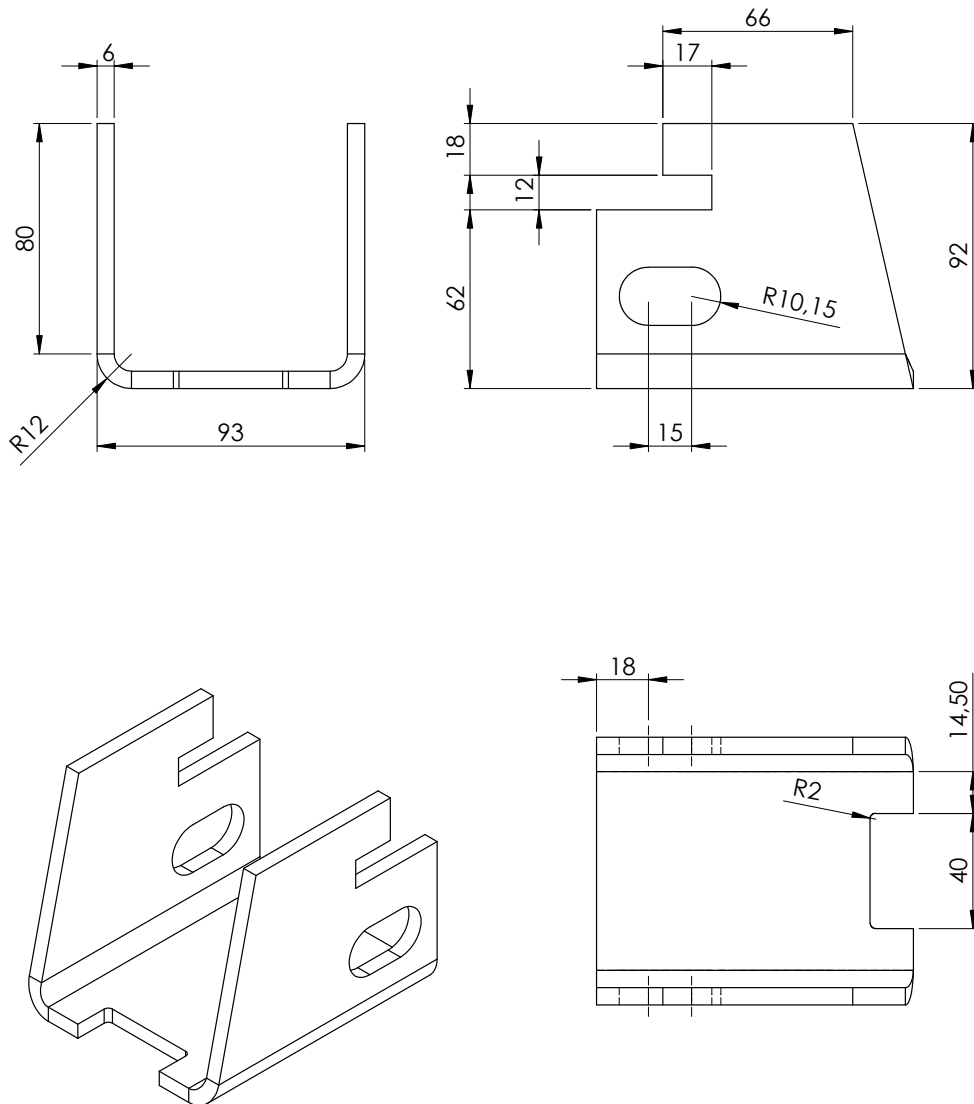
Escala: 1/10



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material		
Quantidade	1 unidade	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação	5.3. Braço	A4
Escala:	1/2	



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

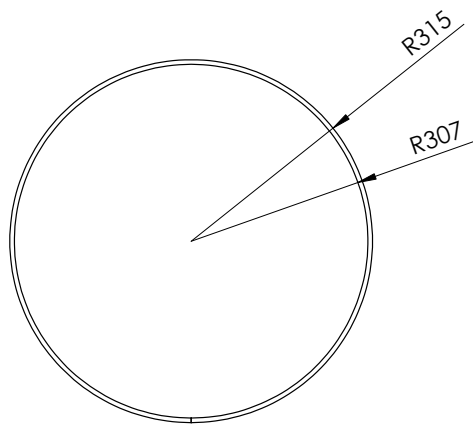
Material		
Quantidade	1 unidade	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação

5.4. Suporte braço

A4

Escala: 1/2



1953,97

DOWN 359.98° R 307

**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

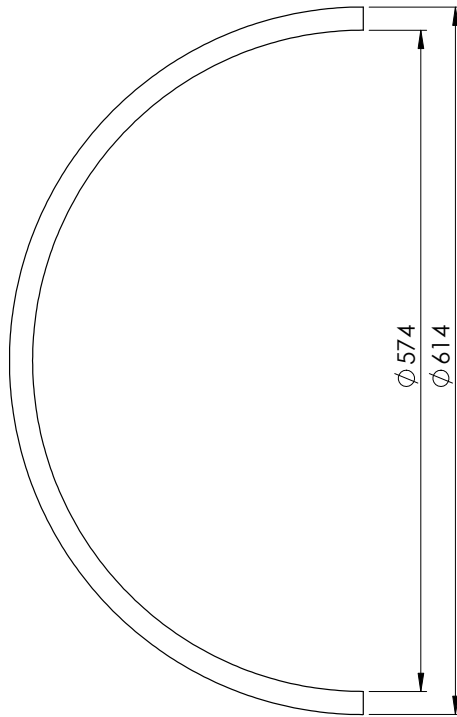
Material		
Quantidade	1 unidade	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação

5.5. Aro altura

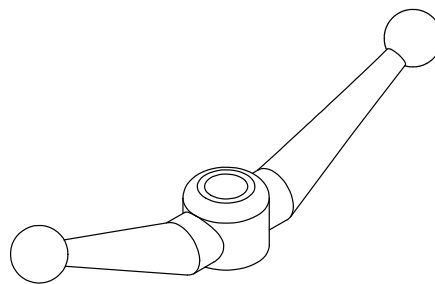
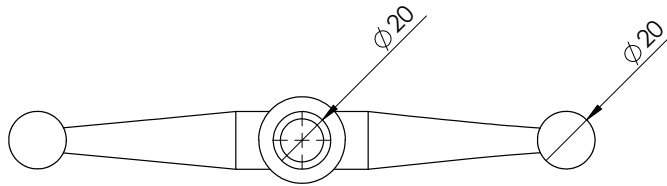
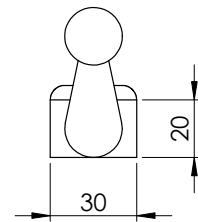
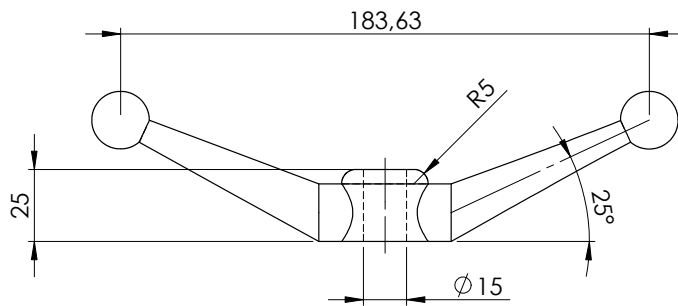
A4

Escala: 1/10



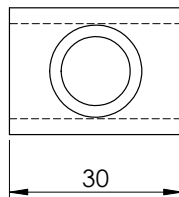
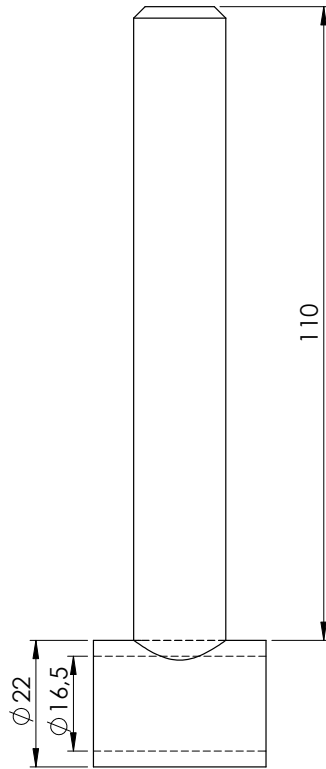
**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material			Designação	A4
Quantidade	2 unidades			
	Nome	Data	5.6. Aro profundidade	
Desenhou	Miguel Sampaio			
Verificou	Miguel Couto			
Aprovou	Miguel Couto		Escala: 1/5	



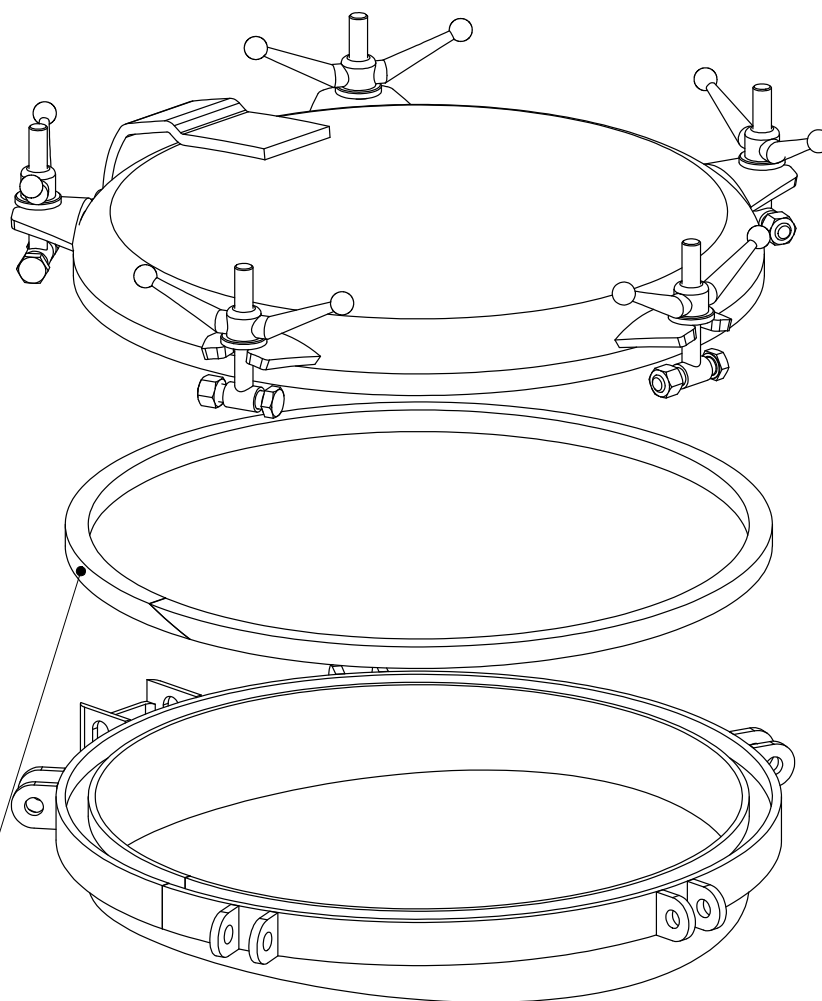
**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material			Designação	A4
Quantidade	5 unidades			
	Nome	Data	5.7. Porcas	
Desenhou	Miguel Sampaio			
Verificou	Miguel Couto			
Aprovou	Miguel Couto		Escala: 1/2	



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material			Designação	A4
Quantidade	5 unidades			
	Nome	Data	5.8. Machos	
Desenhou	Miguel Sampaio			
Verificou	Miguel Couto			
Aprovou	Miguel Couto			
			Escala: 1/1	

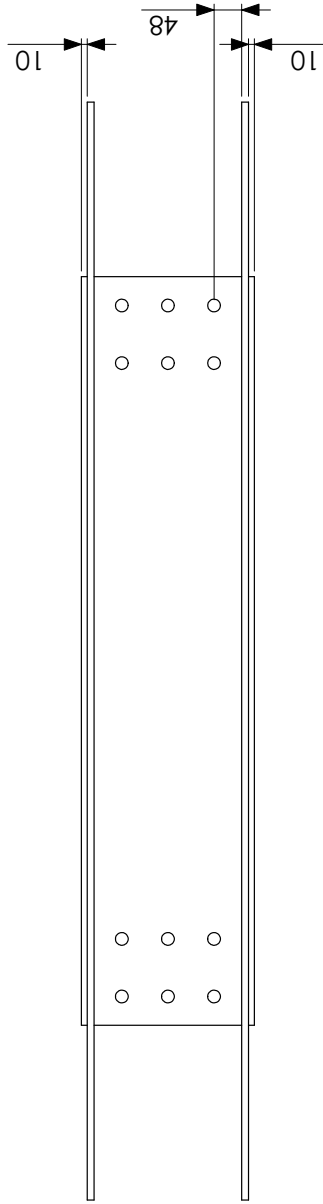
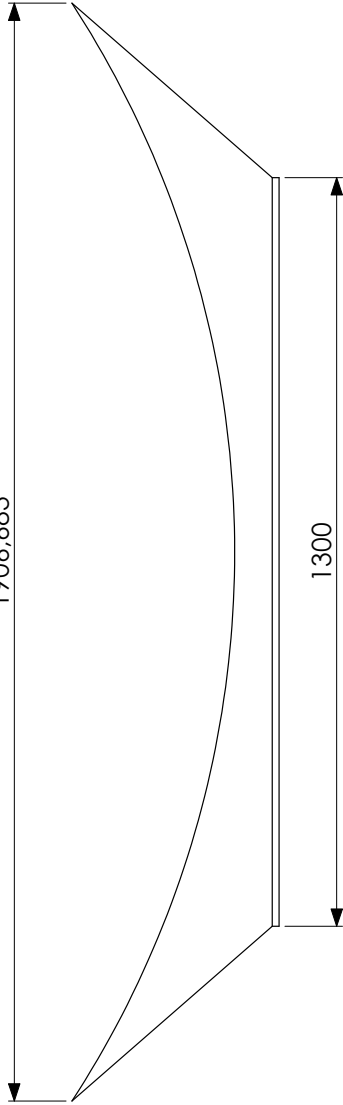


Borracha esponjosa 20x20 (montagem cunha)

**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material				Designação	A4
Quantidade					
	Nome	Data	Montagem da borracha (porta de homem superior)		
Desenhou	Miguel Sampaio				
Verificou	Miguel Couto				
Aprovou	Miguel Couto		Escala: 1/6		

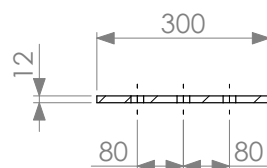
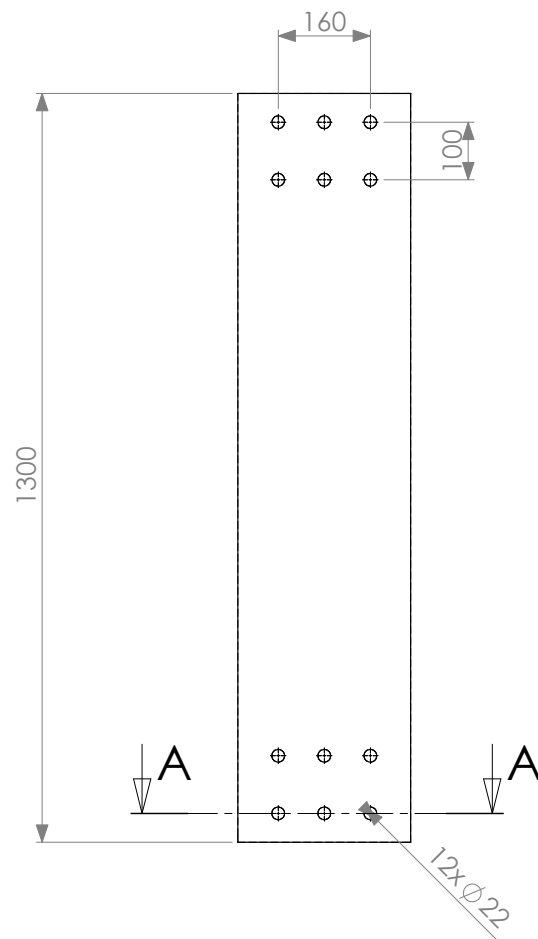
1906,683



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Designação: 6. Berço  
A4  
Escala: 1/10

Material	Aço DOMEX 420 (e=12mm)	Quantidade	3 unidades	Nome	Miguel Sampalo	Data	
Desenhou		Verificou		Nome	Miguel Couto		
Aprovou				Nome	Miguel Couto		

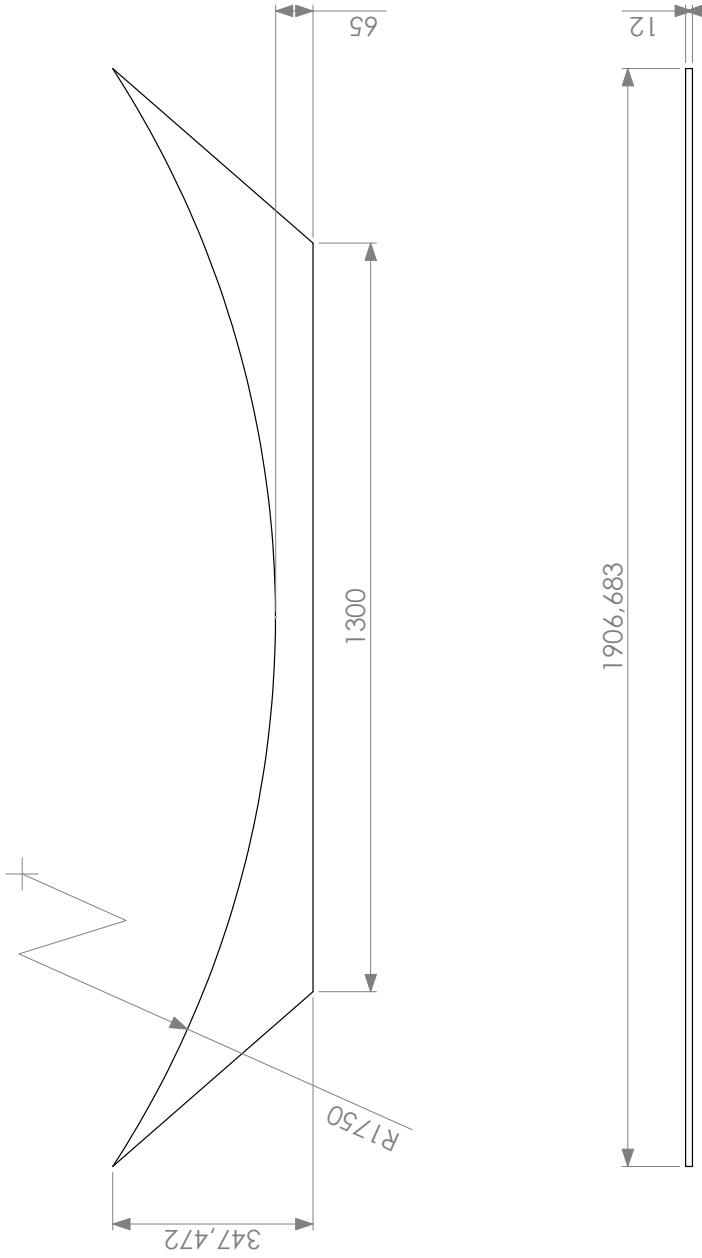


SECTION A-A

SCALE 1 : 10

**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	Aço DOMEX 420 (e=12mm)		Designação	6.1. Chapa inferior	A4
Quantidade	6 unidades				
	Nome	DATE	Escala: 1/10		
Desenhou	Miguel Sampaio				
Verificou	Miguel Couto				
Aprovou	Miguel Couto				

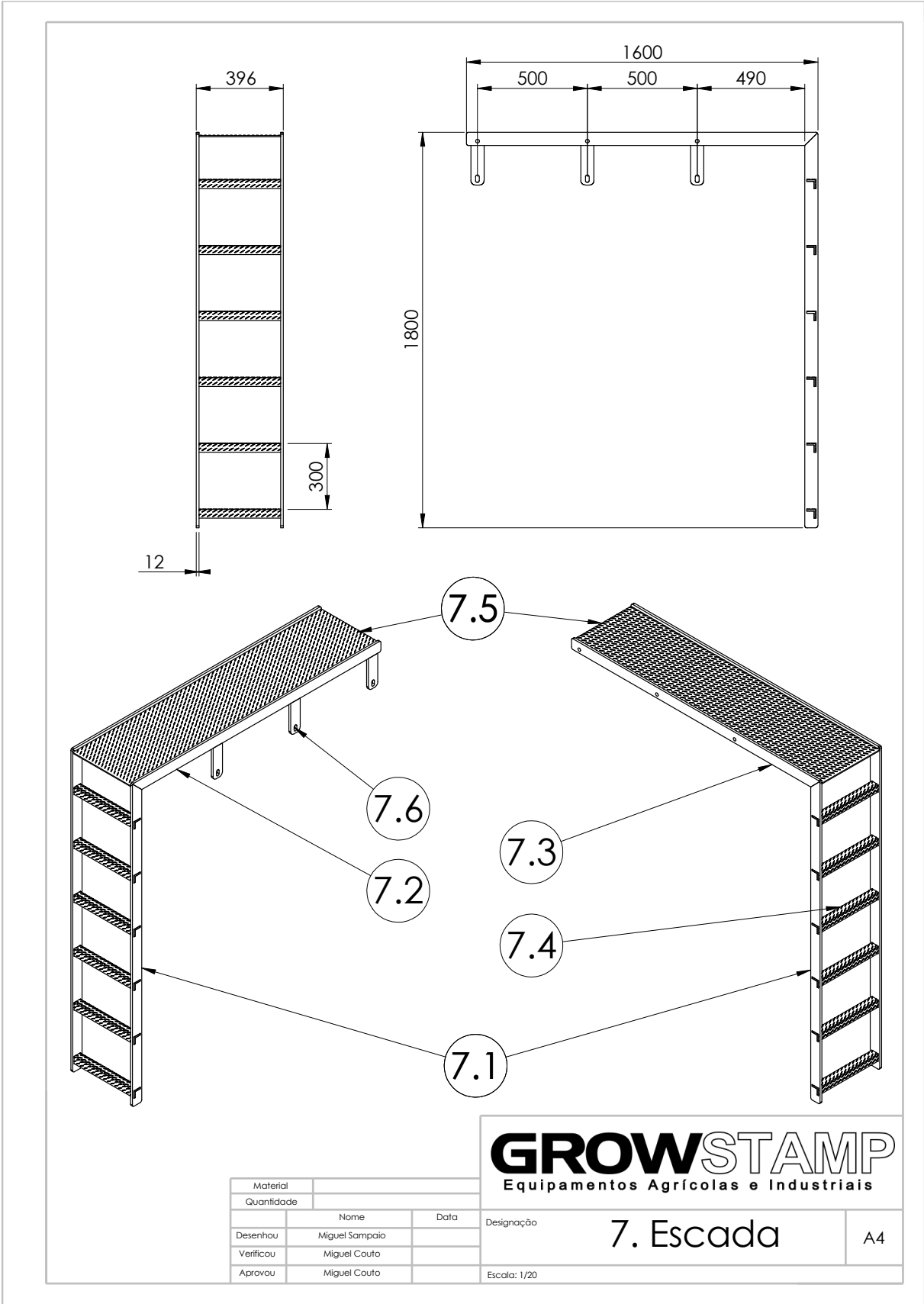


**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Designação: 6.2. Chapa transversal A4

Escala: 1/10

Material	Aço DOMEX 420 (e=12mm)	Quantidade	6 unidades	Nome	Miguel Sampalo	Data	
Desenhou		Verificou		Aprovou	Miguel Couto		



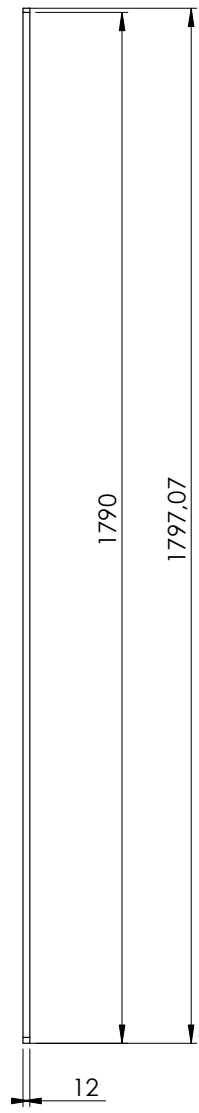
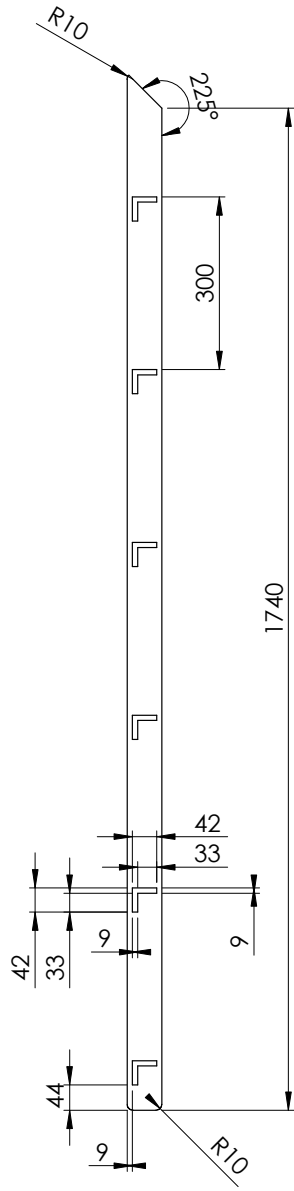
**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material			
Quantidade			
	Nome	Data	
Desenhou	Miguel Sampaio		
Verificou	Miguel Couto		
Aprovou	Miguel Couto		

Designação **7. Escada**

A4

Escala: 1/20



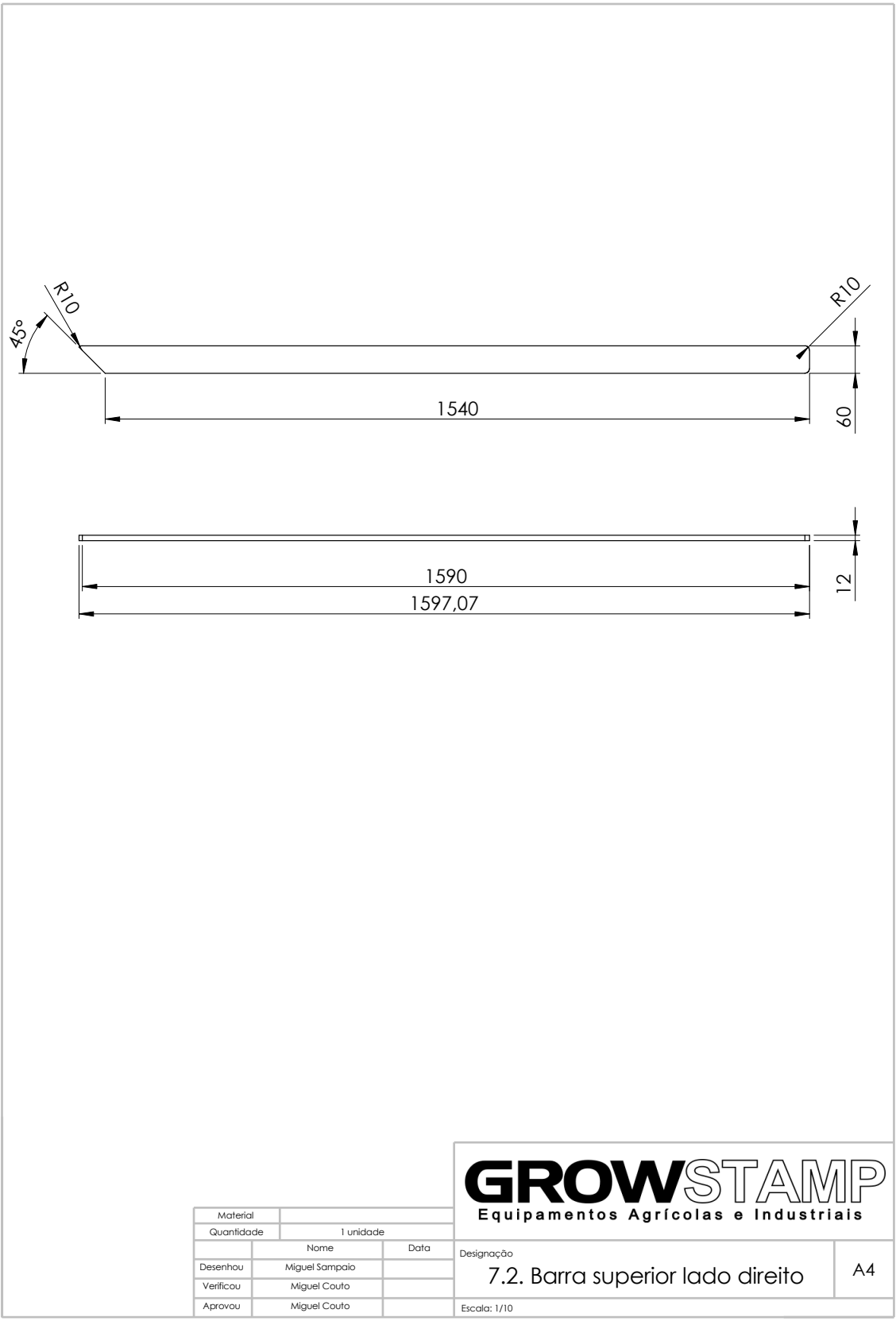
**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material		
Quantidade	2 unidades	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação  
**7.1. Barra inferior lateral**

A4

Escala: 1/10



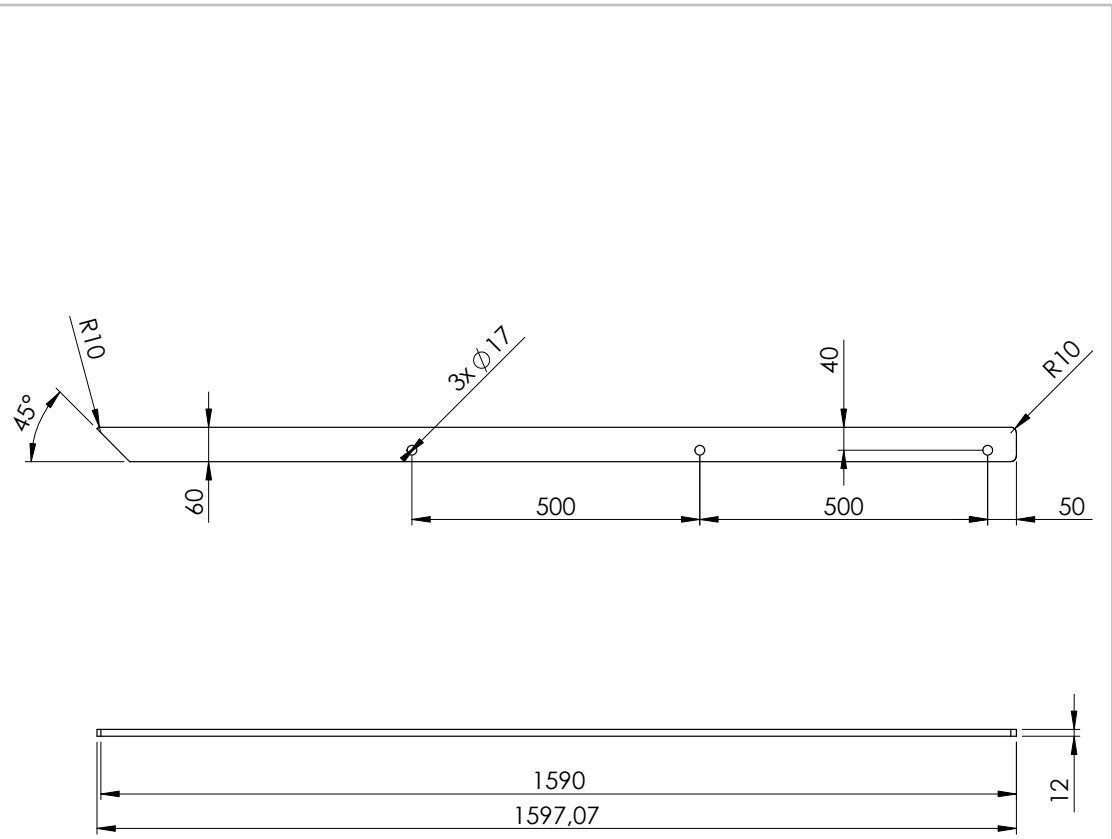
**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	1 unidade	
Quantidade	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação  
**7.2. Barra superior lado direito**

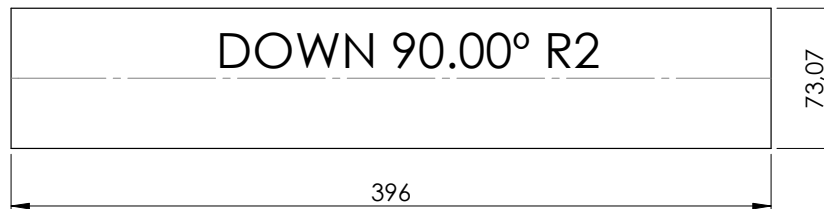
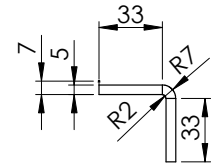
A4

Escala: 1/10



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material			Designação	A4
Quantidade	1 unidade			
	Nome	Data	7.3. Barra superior lado esquerdo	
Desenhou	Miguel Sampaio			
Verificou	Miguel Couto			
Aprovou	Miguel Couto		Escala: 1/10	



Material	Chapa "folha de oliveira" (e=5-7mm)	
Quantidade	6 unidades	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

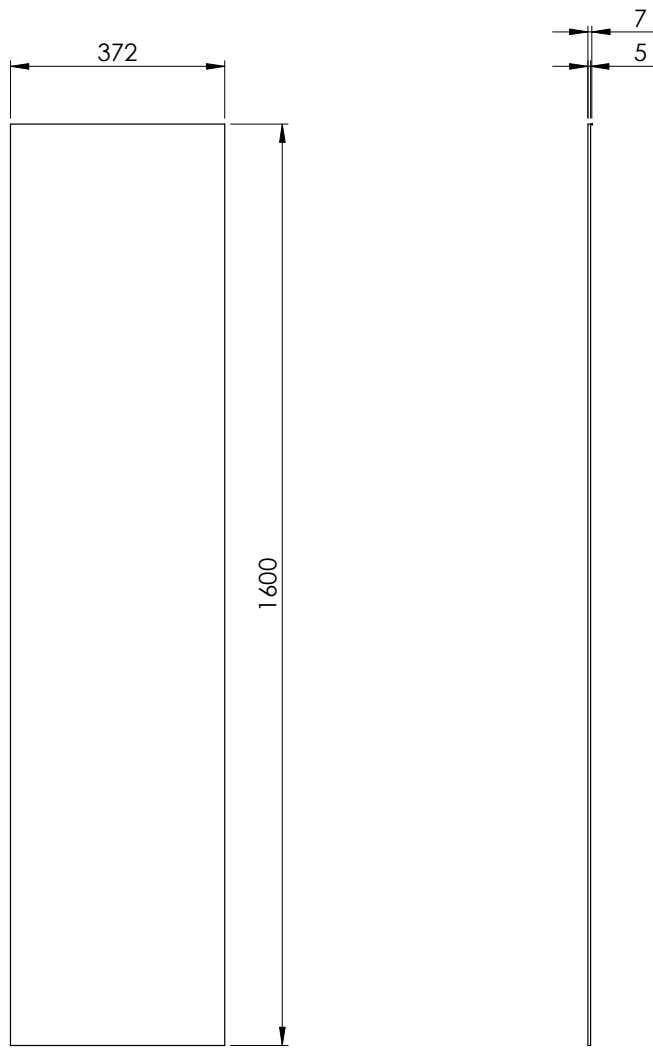
**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Designação

7.4. Degrau

A4

Escala: 1/3

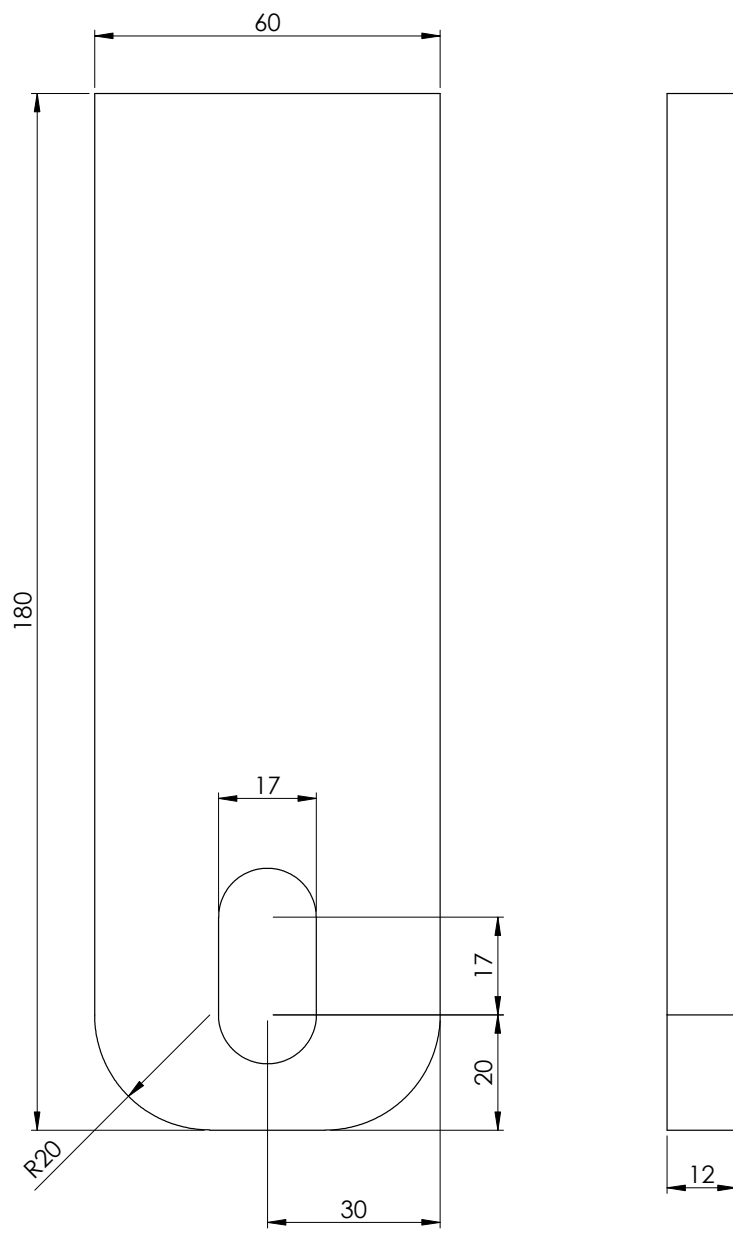


Material	Chapa "Tolha de oliveira" (e=5-7mm)	
Quantidade	1 unidade	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Designação **7.5. Plataforma** A4

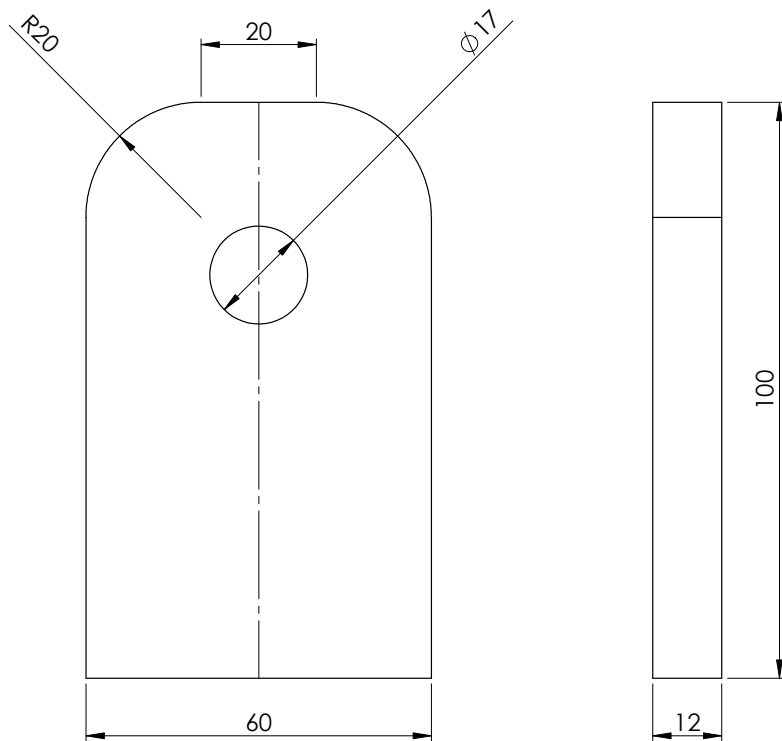
Escala: 1/10



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	Aço DOMEX 430 (e=12)	
Quantidade	9 unidades	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

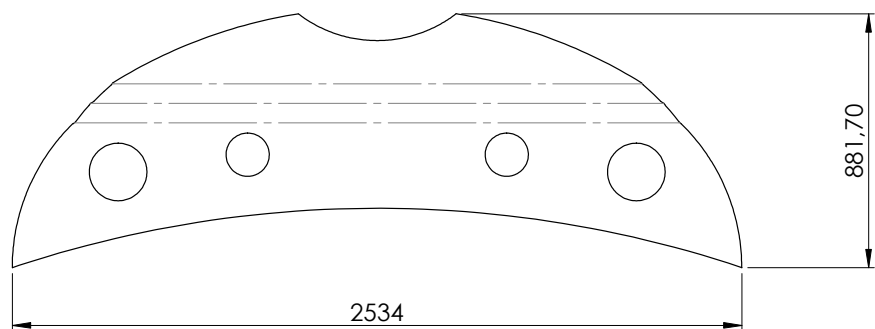
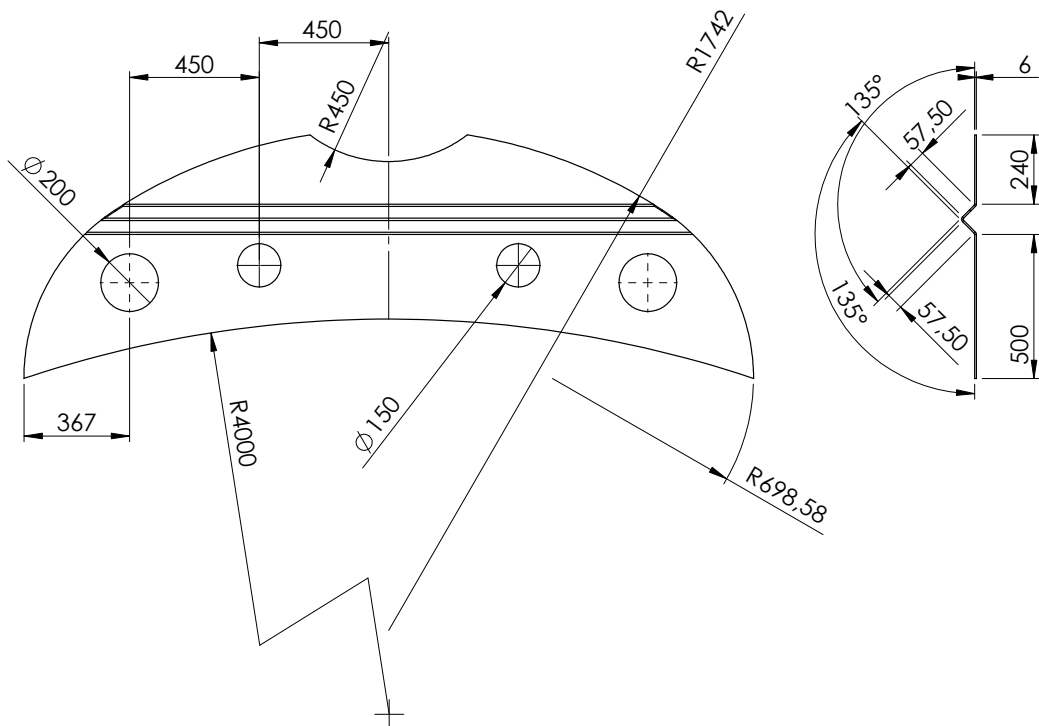
Designação	7.6. Orelhas de fixação da escada	A4
Escala:		



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	Aço DOMEX 430 (e=12mm)	
Quantidade	18 unidades	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação	8. Orelhas para fixação da escada	A4
Escala:	1/1	



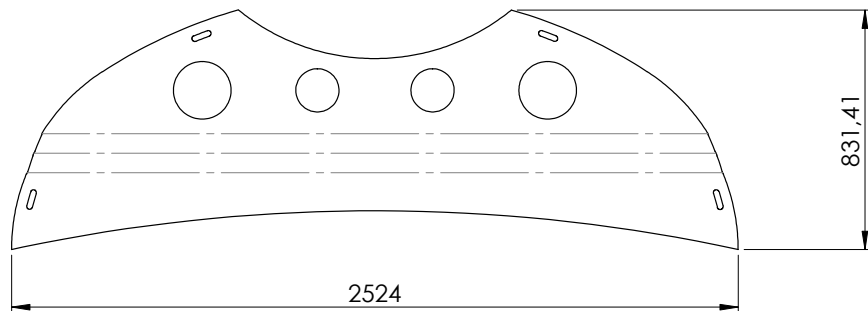
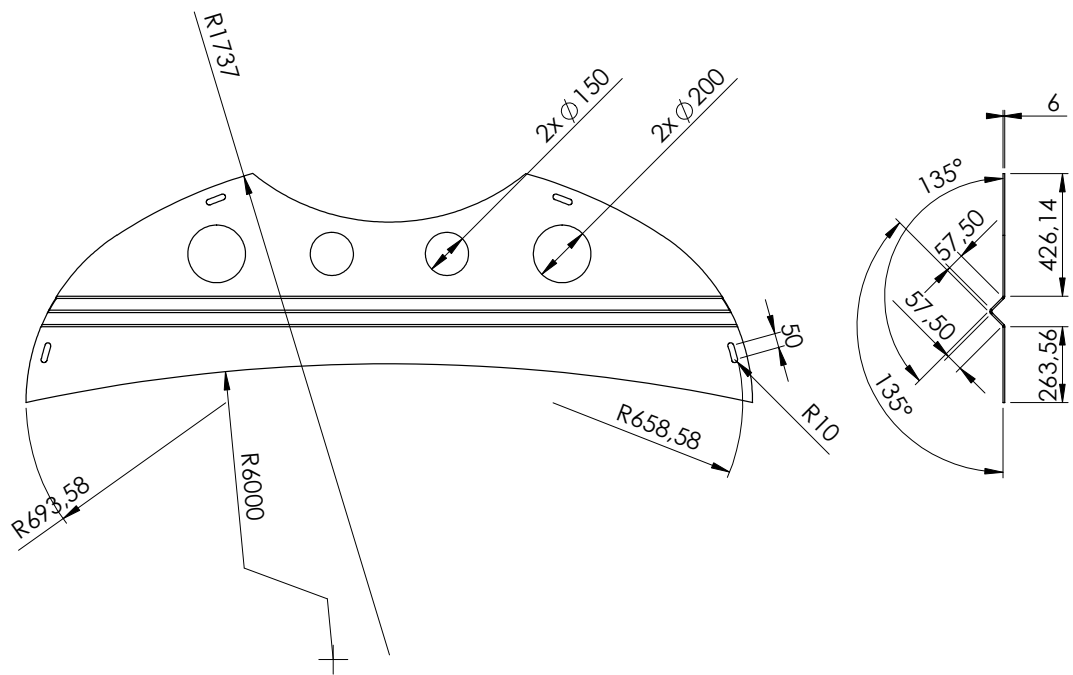
**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	Aço ST 37 (e=6mm) [A=2554x900mm]	
Quantidade	3 unidades	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação  
9. Antepara transversal superior

A4

Escala: 1/20



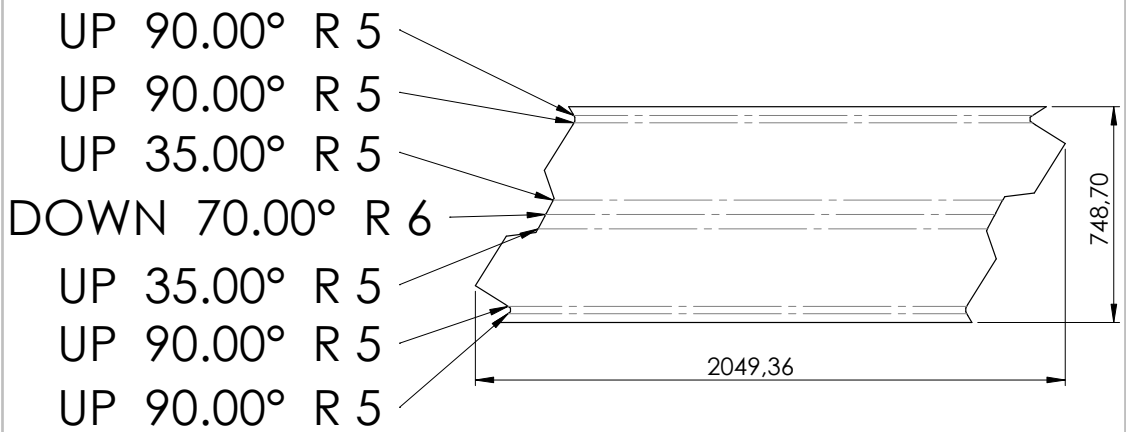
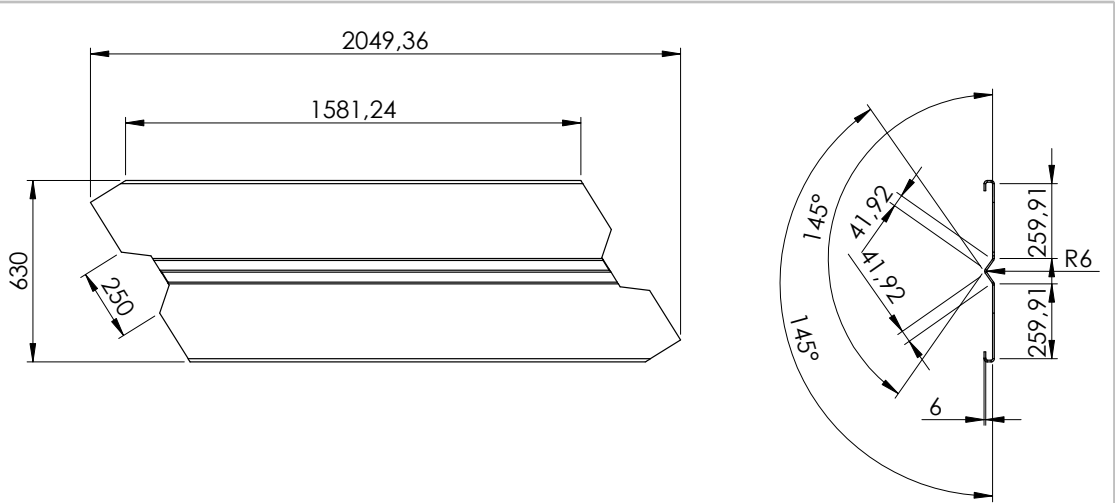
**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	Aço ST 37 (e=6mm) [A=2545x830mm]	
Quantidade	1 unidade	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação  
10. Antepara transversal inferior

A4

Escala: 1/20



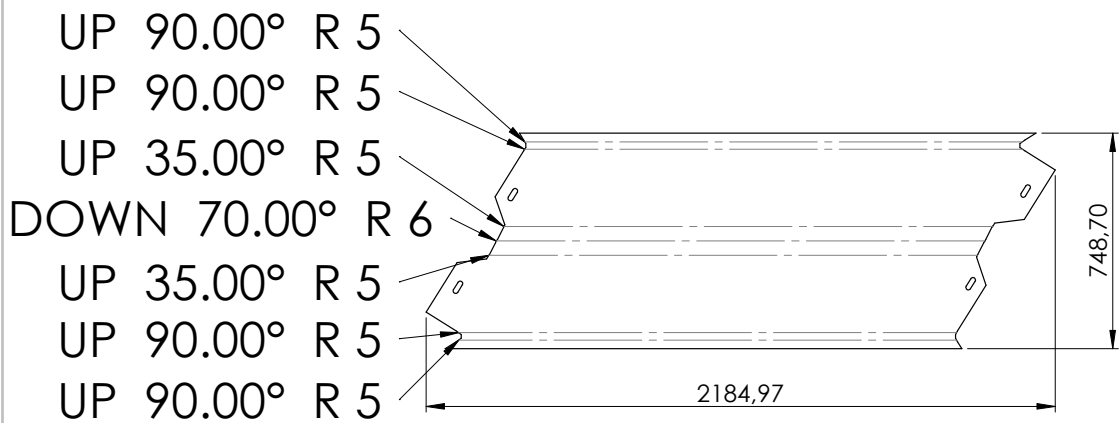
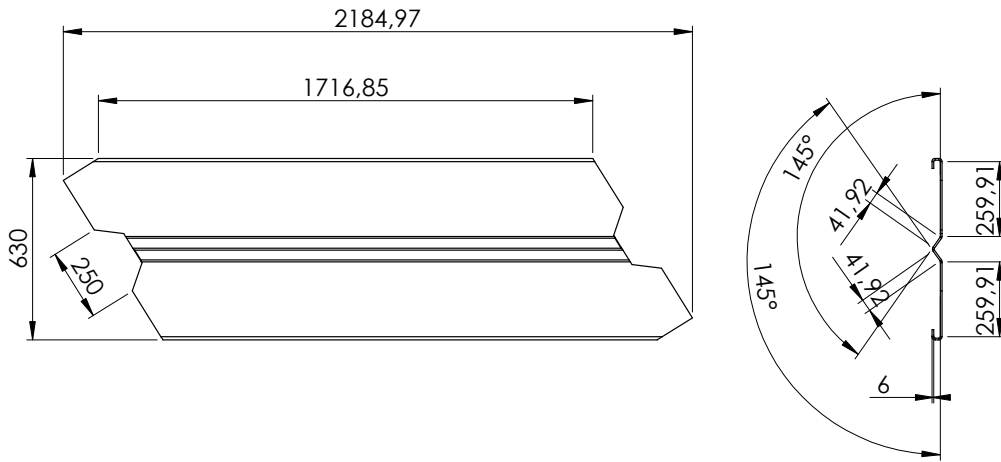
**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	Aço ST 37 (e=6mm) [A=2070x770mm]	
Quantidade	2 unidades	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação  
11.1. Antepara longitudinal curta

A4

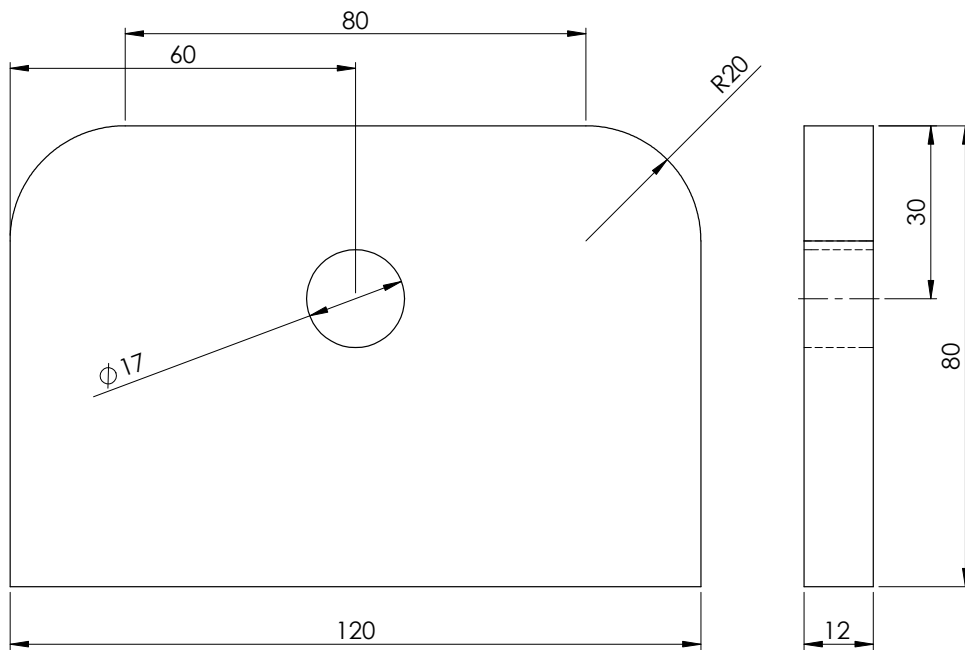
Escala: 1/20



**GROWSTAMP**  
 Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	Aço ST 37 (e=6mm) [A=2205x770mm]	
Quantidade	2 unidades	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

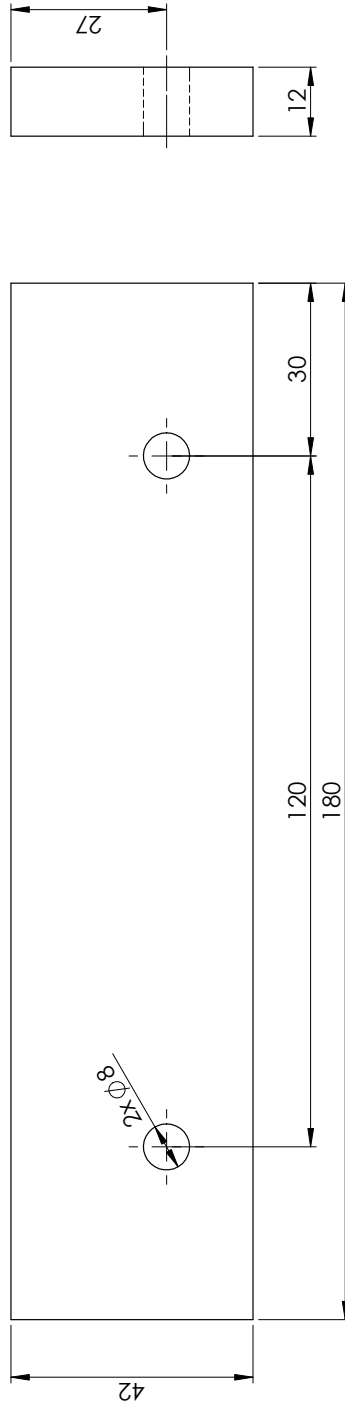
Designação	11.2. Antepara longitudinal longa	A4
Escala:	1/20	



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	Aço DOMEX 420 MC (e=12mm)	
Quantidade	20 unidades	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação	12. Orelhas fixação anteparas	A4
Escala:	1/1	

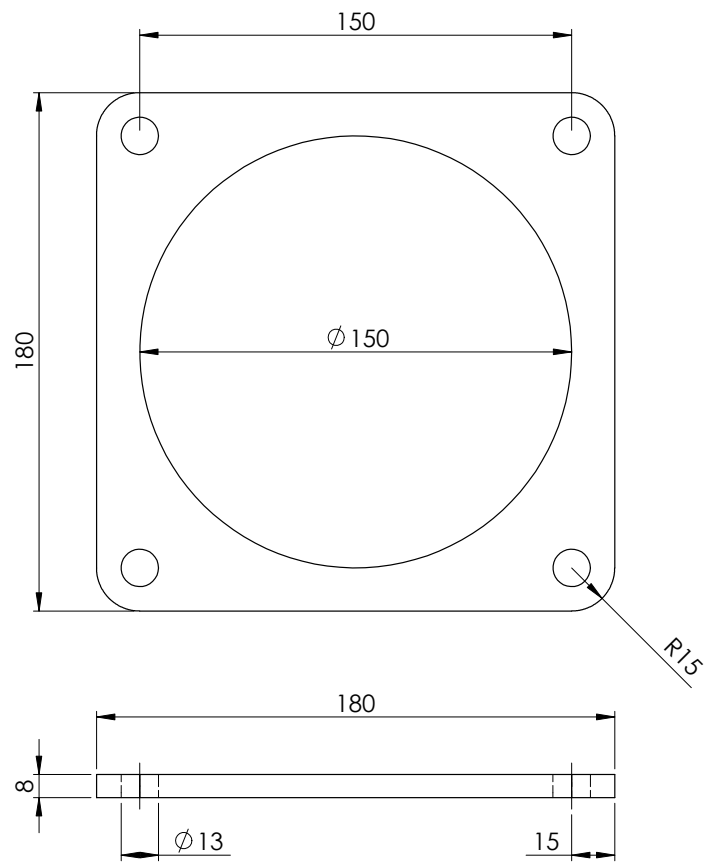


**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Designação: 13. Orelias de suporte do cesto de protecção A4

Escala: 1/1

Material	Aço DOMEX 420 MC (e=12mm)	Quantidade	2 unidades
Desenhou	Miguel Sampalo	Verificou	
Aprovou	Miguel Coito		
		Nome	Miguel Sampalo
		Data	



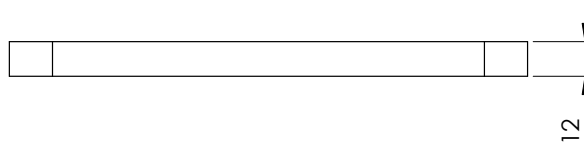
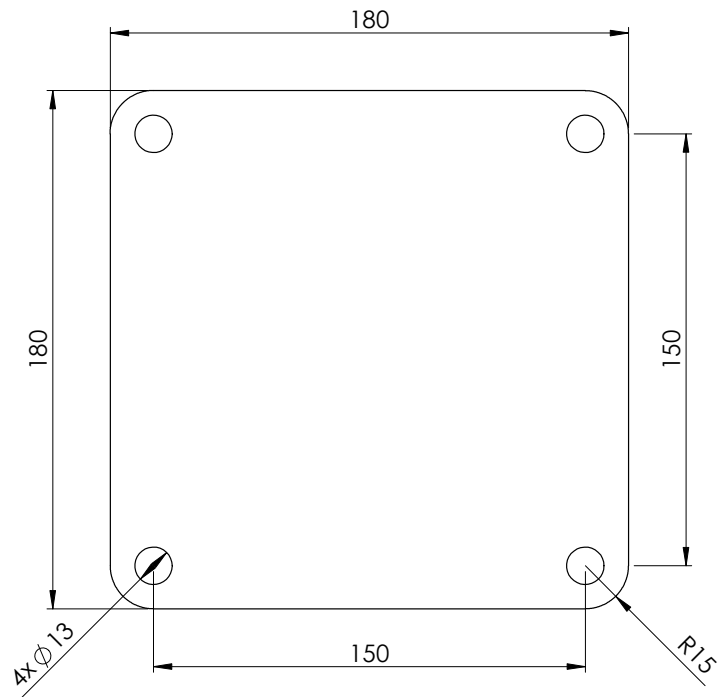
Material	Aço DOMEX 420 MC (e=12mm)	
Quantidade	5 unidades	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Designação: **16. Flange 6"**

Escala: 1/2

A4

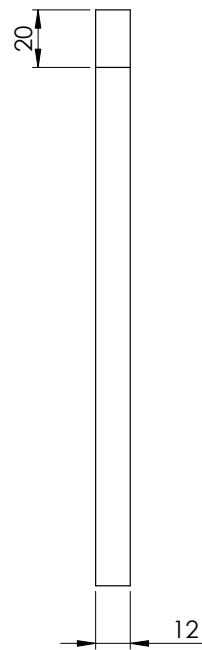
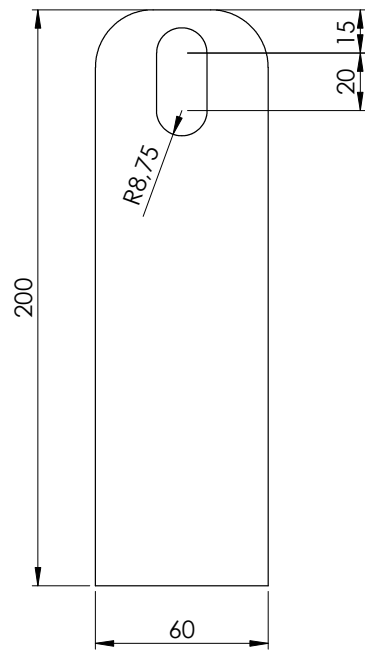


Material	Aço DOMEX 420 MC (e=12mm)	
Quantidade	5 unidades	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Designação 18. Flange 6" cega A4

Escala: 1/2

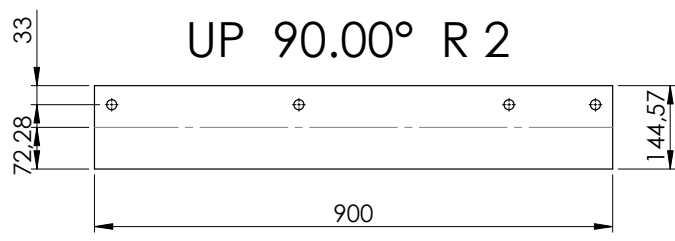
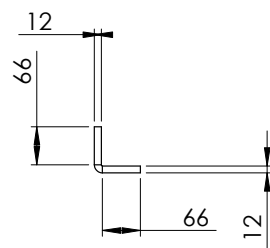
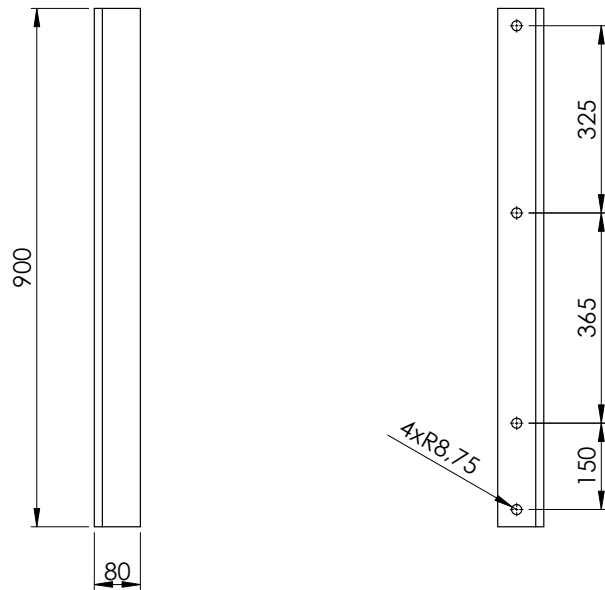


**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	Aço DOMEX 420 MC (e=12mm)	
Quantidade	6 unidades	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

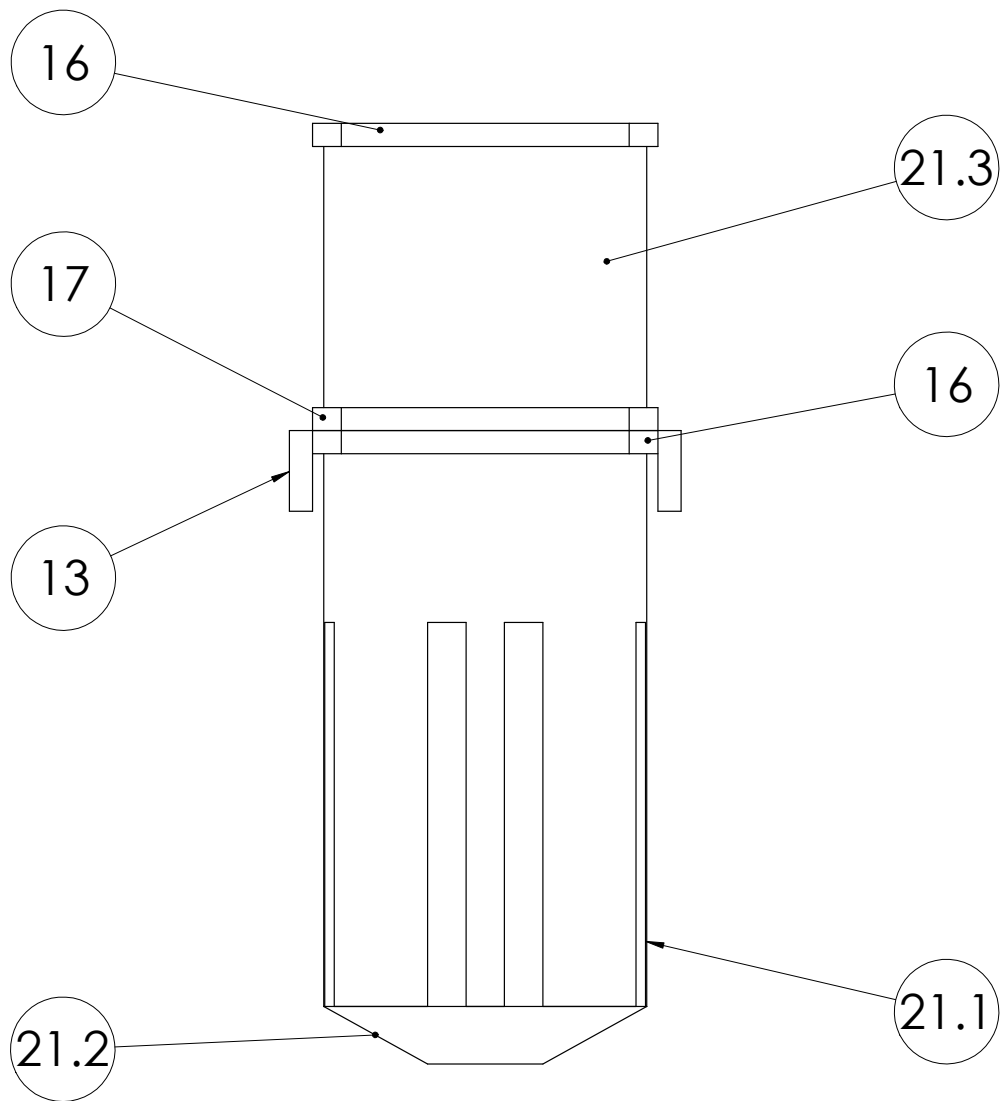
Designação	19. Orelhas para fixação das anteparas longas
Escala:	1/2

A4



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

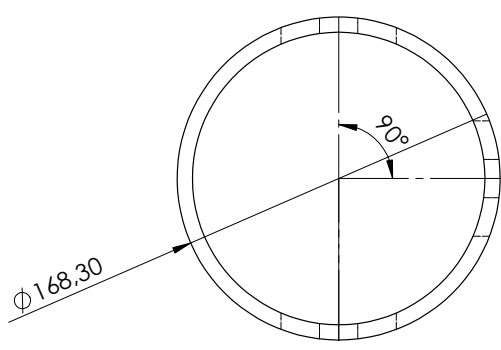
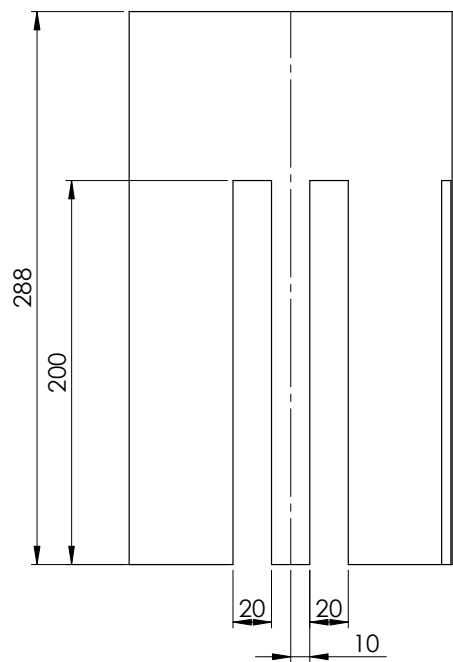
Material	Aço DOMEX 420 MC (e=12mm)		Designação	A4
Quantidade	1 unidades			
	Nome	Data	20. Barra para fixação da antepara longitudinal posterior	
Desenhou	Miguel Sampaio			
Verificou	Miguel Couto			
Aprovou	Miguel Couto		Escala: 1/2	



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

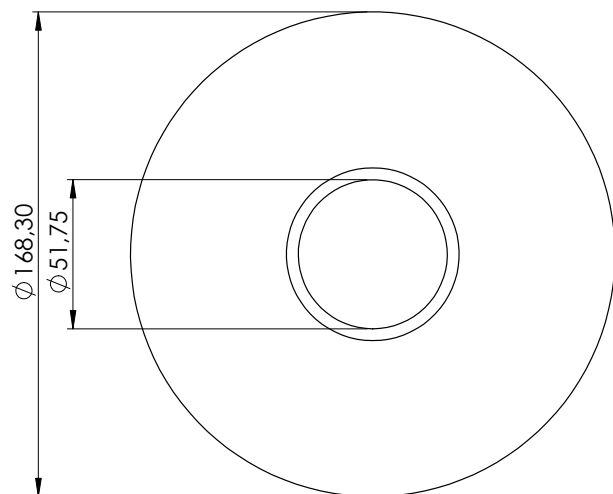
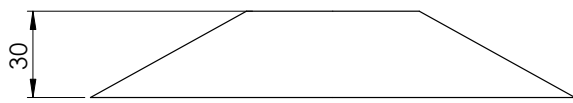
Material		
Quantidade	1 unidade	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação	21. Encaixe válvula Bationi	A4
Escala: 1/3		



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

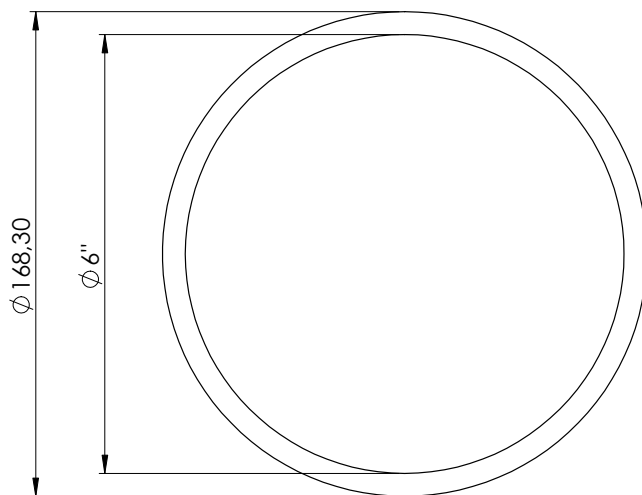
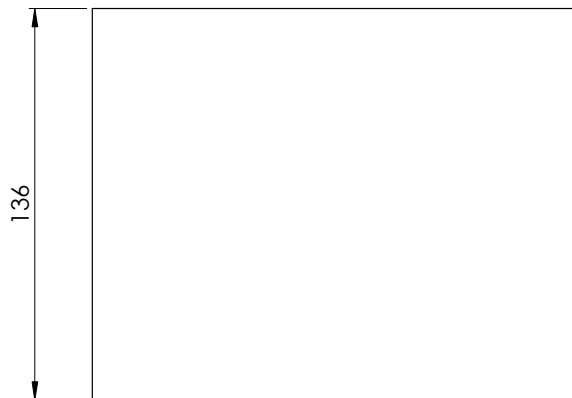
Material	Ponteira tubo 6"			Designação	A4
Quantidade	1 unidade				
	Nome	Data			
Desenhou	Miguel Sampaio		21.1. Corpo		
Verificou	Miguel Couto				
Aprovou	Miguel Couto		Escala: 1/3		



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material		
Quantidade		
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação	21.2. Fundo cónico	A4
Escala:	1/2	



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

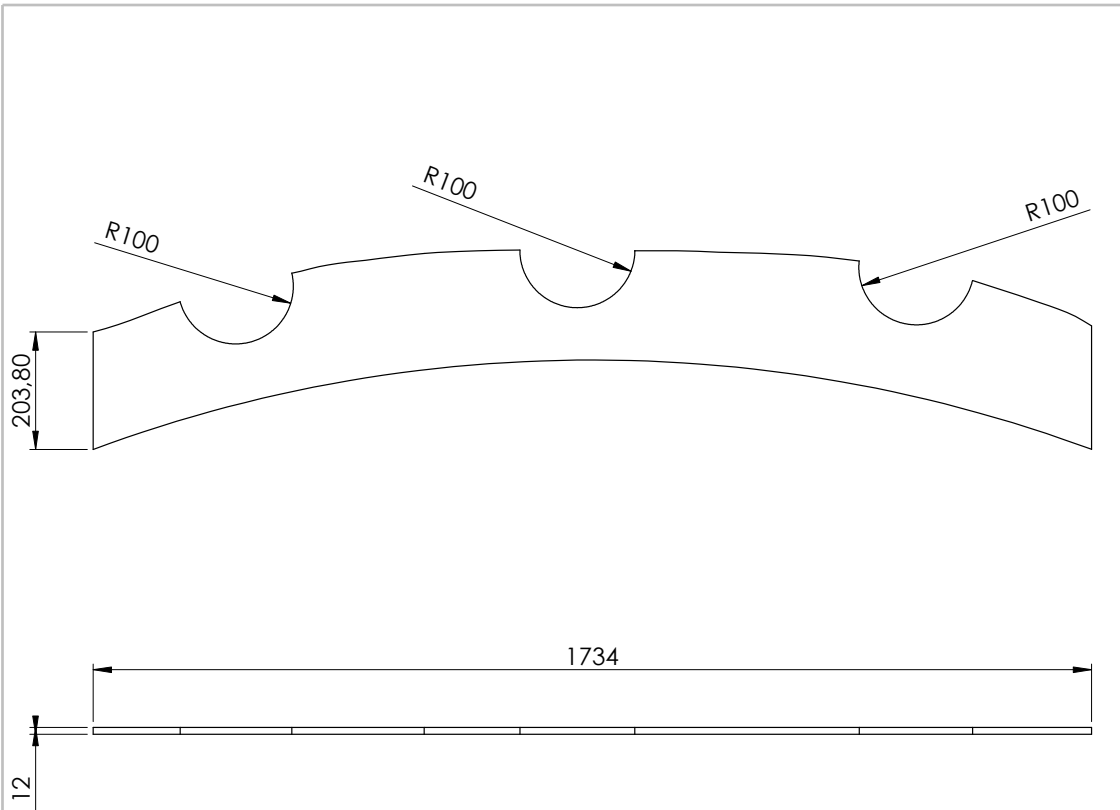
Material	Tubo 6"	
Quantidade	1 unidade	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação

21.3. Ponteira de tubo

A4

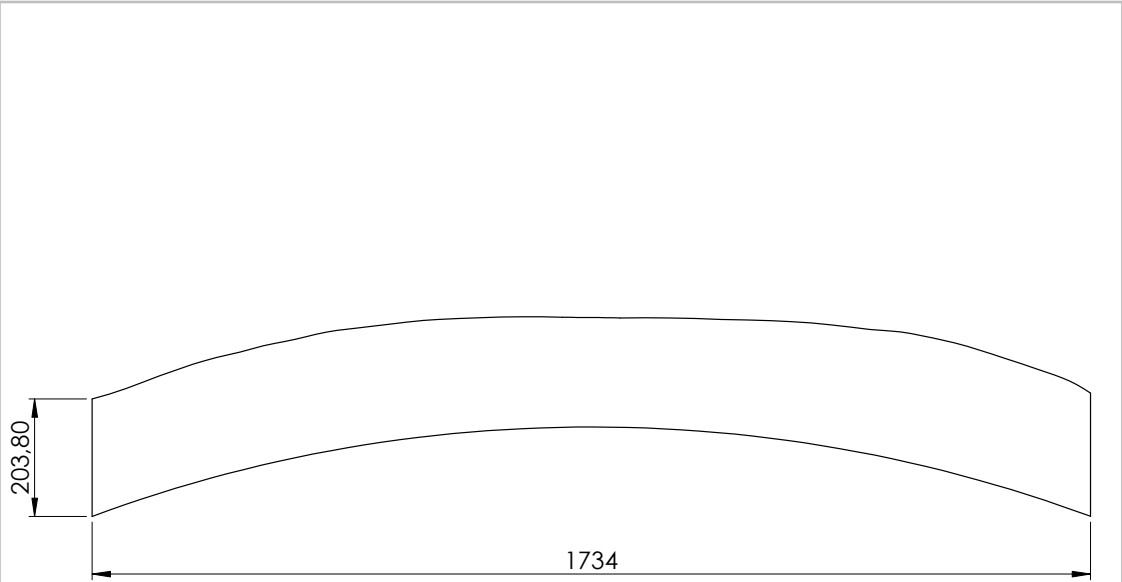
Escala: 1/2



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	Aço DOMEX 430 MC (e=12mm)	
Quantidade	1 unidade	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação	22.1. Reforço central (furado)	A4
Escala:		



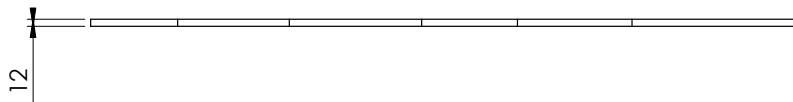
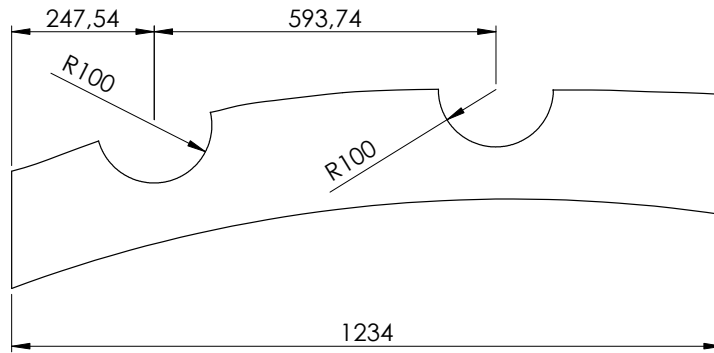
Material	Aço DOMEX 430 MC (e=12mm)	
Quantidade	4 unidades	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Designação: **22.2. Reforço central**

Escala: 1/10

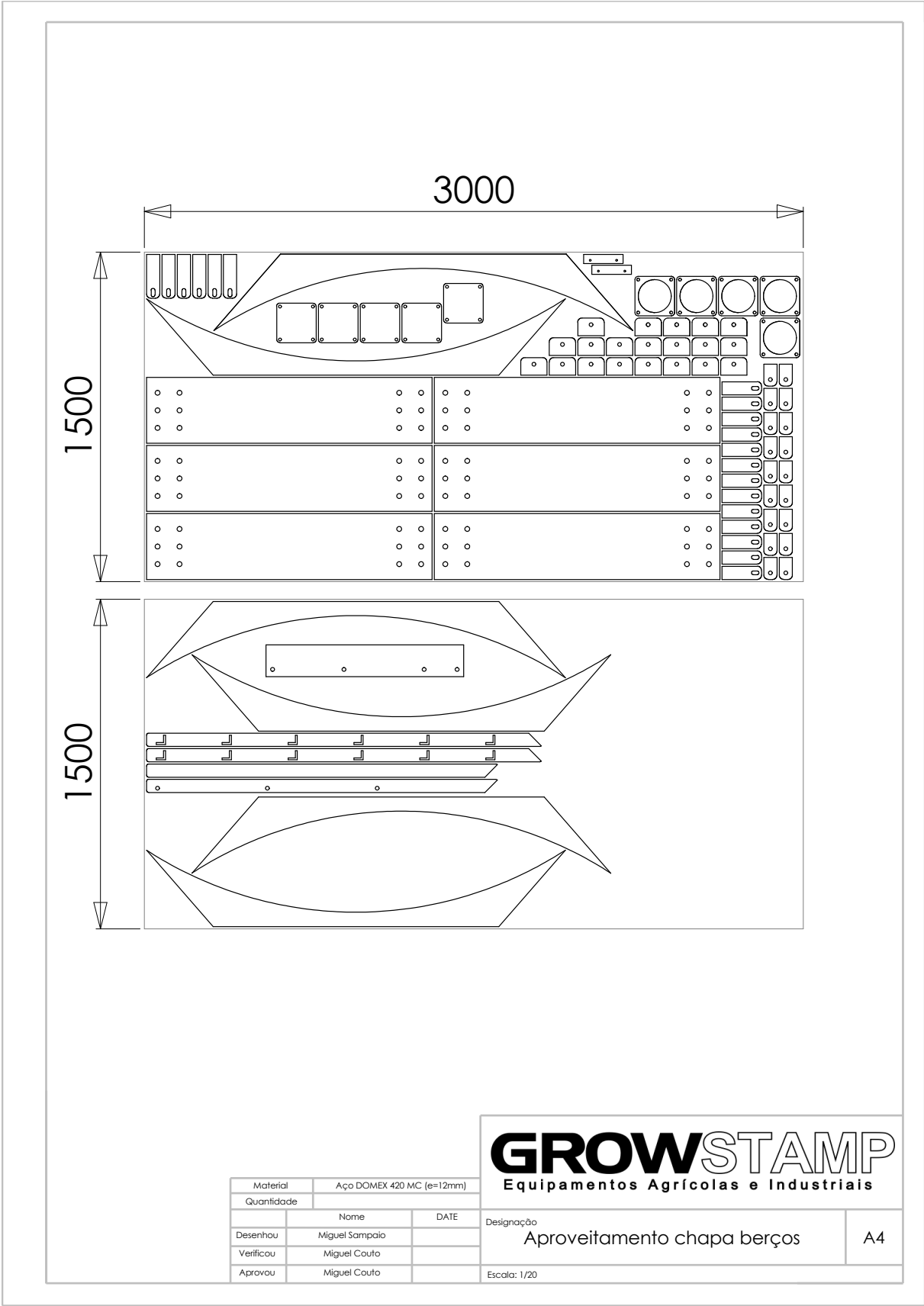
A4



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	Aço DOMEX 430 MC (e=12mm)	
Quantidade	1 unidade	
	Nome	Data
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação	A4
22.3. Reforço central (curto)	
Escala: 1/10	



**GROWSTAMP**  
Equipamentos Agrícolas e Industriais

Material	Aço DOMEX 420 MC (e=12mm)	
Quantidade		
	Nome	DATE
Desenhou	Miguel Sampaio	
Verificou	Miguel Couto	
Aprovou	Miguel Couto	

Designação  
Aproveitamento chapa berços

A4

Escala: 1/20

# ANEXO F – Características dos materiais de adição de soldadura

## CARBOFIL MnMo



### MIG-MAG Wires High strength steels

Carbofil MnMo is a copper coated solid wire suitable for the welding of 0,5%Mo steels and high temperature resistant steels. Resistant to cold cracking and retains strength after prolonged heat treatment.

Classification	
AWS	A5.28: ER 80S-D2
EN	440: G 46 2 G4Mo

Approvals	Grades
DB	
TÜV	

see Appendix, Classification Society Approvals, for details pag. 521

#### Analysis of all-weld metal (Typical values in %)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Nb	V	N	Cu
0.09	1.90	0.60	≤ 0.020	≤ 0.020	-	0.15	0.50	-	-	-	-

#### All-weld metal Mechanical Properties

Heat Treatment	Yield Strength N/mm <sup>2</sup>	Tensile Strength N/mm <sup>2</sup>	Elongation A5 (%)	Impact Energy ISO - V (J) -20°C	Hardness
PWHT 620°C x 1h	≥ 460	530-680	≥ 22	≥ 47	-
As Welded	≥ 460	530-680	≥ 22	≥ 47	-

Gas test: Acc. To EN 439: M21(Arcal 21-Atal 6)

**Shielding Gas:** Acc. To EN 439: M21(Arcal 21-Atal 6)

#### Materials

S(P)235-S(P)460, 16Mo3

Storage
Keep dry and avoid condensation

Current condition and welding position
DC+
PA PB PC PF PE

**Packaging data:** K300 Kg. 16

Diameters	0,8	1,0	1,2	1,6		

# FLUXOFIL 31



## Cored Wires C-Mn and low-alloy steels

Fluxofil 31 is a seamless copper coated basic flux cored wire. The operating features produce very crack resistant and tough welded joints, especially when welding steels with a higher carbon content. Pore-free welds with easy slag removal. A low-slag variant "FLUXOFIL 31 S" is available to order.

Classification	
AWS	A5.20: E70T-5J H4 / E70T-5MJ H4
EN	758: T 42 4 B C 3 H5 / T 42 4 B M 3 H5

Approvals	Grades
ABS	
BV	
DB	
DNV	
GL	
LRS	
PRS	
TÜV	
UDT	

see Appendix, Classification Society Approvals, for details pag. 521

### Analysis of all-weld metal (Typical values in %)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Nb	V	N	Cu
0.05	1.40	0.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### All-weld metal Mechanical Properties

Heat Treatment	Yield Strength N/mm <sup>2</sup>	Tensile Strength N/mm <sup>2</sup>	Elongation A5 (%)	Impact Energy ISO - V (J) - 40 °C	Hardness
PWHT 580 °C x 2 h	≥ 400	490-590	≥ 22	≥ 47	-
PWHT 940 °C x 0,5 h	≥ 280	420-520	≥ 30	≥ 27	-
As Welded	≥ 420	510-610	≥ 22	≥ 47	-

Gas test: Acc. To EN 439: C1(Arcal 2)

**Shielding Gas:** Acc. To EN 439: M21(Arcal21 -Atal6) or C1(Arcal 2)

### Materials

S(P)235-S(P)420, GP240-GP280

**Storage**  
Keep dry and avoid condensation

**Current condition and welding position**

**DC+**

PA PB PC

**Packaging data:** K300 kg. 16

Diameters	1,0	1,2	1,4	1,6		

**1 IDENTIFICATION DE LA SUBSTANCE / PRÉPARATION ET DE LA SOCIÉTÉ / ENTREPRISE**

Identification du produit : NERTALIC 70A  
 Usage : Fil massif pour soudage à l'arc électrique sous flux gazeux.  
 Réservé à un usage professionnel.  
 Identification de la société : AIR LIQUIDE WELDING FRANCE  
 13 rue d'Epluches - Saint Ouen l'Aumône  
 BP 70024  
 95315 Cergy-Pontoise Cedex - France  
 Tel: + 33 1 34 21 33 33  
 e-contact : www.safety-welding.com

**2 IDENTIFICATION DES DANGERS**

A la livraison : Non dangereux.  
 - Général : Choc électrique.  
 Risques à l'utilisation en soudage  
 - Inhalation : Formation de fumées dangereuses lors de l'utilisation.  
 L'inhalation de fumées de soudage peut irriter les voies respiratoires. Tous.  
 Les fumées de soudage sont classées cancérigènes par le CIRC (Centre  
 International de Recherche sur le Cancer) :  
 Une inhalation excessive ou prolongée des fumées peut provoquer la fièvre des  
 fumées métalliques.  
 - Contact avec la peau : Radiations UV, IR. Chaleur. Peut provoquer une irritation de la peau. Brûlures.  
 - Contact avec les yeux : Radiations UV, IR. Chaleur. Peut causer une irritation des yeux. Sensation de  
 brûlure.  
 Risque de lésions graves.

**3 COMPOSITION / INFORMATIONS SUR LES COMPOSANTS**

Ce produit n'est pas dangereux.

Nom de la substance	Valeur(s)	No CAS / No CE / No index	Symbole(s)	Phrase(s) R
Fer	: 90 à 100 %	7439-89-6 / 231-096-4 / ----		
Manganèse	: < 2,5 %	7439-96-5 / 231-105-1 / ----		
Nickel	: < 2 %	7440-02-0 / 231-111-4 / 028-002-00-7	Xn	40-43
Silicium	: < 2 %	7440-21-3 / 231-130-8 / ----		
Chromium	: < 1 %	7440-47-3 / 231-157-5 / ----		
Molybdène	: < 1 %	7439-98-7 / 231-107-2 / ----		
Cuivre	: < 0,5 %	7440-50-8 / 231-159-6 / ----		
Titane	: < 0,2	7440-32-6 / 231-142-3 / ----	F	
Aluminium	: < 0,1 %	7429-90-5 / 231-072-3 / 013-002-00-1	F	10-15
Phosphore	: < 0,1 %	7723-14-0 / 231-768-7 / 015-002-00-7	F	11-16-52/53
Soufre	: < 0,1 %	7704-34-9 / 231-722-6 / ----	F Xi	11-36/37/38

**4 PREMIERS SECOURS**

Premiers soins : Ce produit n'est pas considéré comme dangereux mais contient des composants  
 dangereux.  
 Formation de fumées dangereuses lors de l'utilisation.  
 - Inhalation : Faire respirer de l'air frais.  
 - Contact avec la peau : Arrêter l'exposition.