

Desenvolvimento de um novo encapsulamento para o produto HealthyDrive, sistema de deteção de sonolência para a indústria automóvel.

Rui Alberto Teixeira Lira

Dissertação de Mestrado

Orientador na empresa: Eng.º. André Gonçalo da Silva Azevedo

Orientador na FEUP: Prof. Doutor Joaquim Oliveira Fonseca



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Julho 2015

“Não é preciso ser fácil, basta valer a pena”

Dedico esta dissertação

Aos meus pais: João e Fátima

Aos meus irmãos: Carlos e Margarida

À minha sobrinha: Joana

Resumo

O presente trabalho consiste no desenvolvimento de um produto para a empresa HealthyRoad, empresa dedicada à criação de *software* biométrico. A presente dissertação tem como objetivo demonstrar as diferentes fases do desenvolvimento de um novo encapsulamento para a tecnologia HealthyDrive, um sistema biométrico desenvolvido especificamente para detetar fadiga e sonolência de condutores automóveis.

O desenvolvimento de um novo produto passa por diversas fases até chegar ao conceito final, tais como o planeamento, projeto, prototipagem e produção. Todas estas fases têm um peso relevante para a obtenção de um produto fiável que consiga desempenhar devidamente as suas funções. Contudo a fase de projeto é certamente a etapa de maior importância, pois esta define à partida o custo de produção e consequente viabilidade comercial da solução.

Ao longo desta dissertação é possível constatar que a prototipagem é de facto uma fase fundamental, pois esta permite a obtenção de um modelo físico funcional, que é colocado em teste no terreno por forma a detetar anomalias e oportunidades de melhoria. O custo das alterações aumenta substancialmente com o progresso do projeto, desta forma as informações recolhidas através da prototipagem permitem que sejam realizadas alterações numa fase inicial do projeto. No decorrer deste trabalho são criados protótipos dos encapsulamentos projetados, recorrendo à impressão 3D por FDM (*Fused Deposition Modeling*), bem como são apresentados alguns métodos para otimização da qualidade de impressão.

Existem diversas formas para moldar o plástico, contudo as grandes produções passam sempre pelo processo de injeção, devido à sua elevada capacidade de produção. Ao longo desta dissertação são projetados moldes de injeção para os produtos desenvolvidos que reúnem melhores condições de funcionamento, deste modo são necessários dados concretos sobre o produto final para que seja possível projetar e especificar o seu funcionamento em ambiente real.

Development of the new encapsulation for the HealthyDrive, the ultimate drowsiness detection system for automotive industry

Abstract

The present thesis consists on the development of a product for HealthyRoad, a company that is dedicated to the creation of biometric technology. This dissertation aims to demonstrate the different development phases of the new encapsulation for the biometric system that detects drivers detecting fatigue and drowsiness.

The development of a new product goes through various stages to reach the final concept, such as planning, project, prototyping and production. All these phases have a significant importance for achieving a reliable product that can properly perform its functions. However the project phase is certainly the most important because it defines the production cost and consequently the commercial viability of the resulting solution.

Throughout this thesis it is possible to confirm that the prototyping is in fact a critical step, since it helps to obtain a functional physical model that is field tested in order to detect deficiencies and improvement opportunities. The cost of changes increases substantially with the project progress, so the information gathered in the prototyping stage reduces the amount of errors and adjustments that need to be done in the production phase. In this paper, the designed prototypes are created using 3D printing by FDM (Fused Deposition Modeling), but also are demonstrated some methods to optimize print quality.

There are different methods for shaping the plastic, however large productions always go through an injection process, due to its high production capacity. Throughout this dissertation, injection molds are designed for the developed products with the best results in the field tests.

Agradecimentos

Quero agradecer à HealthyRoad, pela realização e pelo fornecimento de todos os materiais necessários para o desenvolvimento desta dissertação.

Um especial agradecimento ao Engenheiro André Azevedo, orientador na empresa, pela sua dedicação e pela forma como me acompanhou e direcionou desde o início da realização deste trabalho.

Quero agradecer ao Professor Doutor Joaquim Fonseca pela sua disponibilidade prestada sempre que necessário, pelo esclarecimento de dúvidas e transmissão de conhecimentos essenciais para a realização desta dissertação.

Agradeço à minha família, especialmente aos meus pais e irmãos, é a eles que devo tudo o que sou hoje. Agradeço pelo facto de me apoiarem em tudo na minha vida e acreditarem em mim.

Quero agradecer à minha namorada, Cristina, por ouvir todos os desabafos, por me acompanhar e apoiar ao longo de todo o percurso académico, todos estes atos de carinho foram fatores de grande importância.

Finalmente quero agradecer a todos os meus amigos e a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho. Muito obrigado.

Índice de Conteúdos

1. Introdução	1
1.1 A empresa HealthyRoad	1
1.2 Objetivos	1
1.3 O HealthyDrive	2
1.4 Motivação da empresa no desenvolvimento do HealthyDrive	3
1.5 Estrutura da dissertação	4
2. Revisão Bibliográfica.....	5
2.1 Sonolência durante a condução	5
2.2 Detecção e prevenção da sonolência na condução	6
2.3 Desenvolvimento de produtos e <i>Design</i> industrial	7
2.4 Evolução do <i>Design</i> Industrial.....	8
2.5 Conceção do produto	8
2.5.1 Conceção de um protótipo	9
2.5.2 Prototipagem através da impressão 3D por FDM	9
2.5.3 Cores e materiais utilizados na impressão 3D por FDM	12
2.6 Moldes para Injeção de termoplásticos	14
3. Desenvolvimento de um novo encapsulamento para o sistema HealthyDrive	21
3.1 Especificações dos protótipos anteriores	21
3.1.1 Detecção de anomalias nos protótipos.....	22
3.2 Necessidades do novo encapsulamento.....	24
3.3 Análise dos para-brisas.....	25
3.4 Projeção de um encapsulamento para todos os componentes	25
3.4.1 Observações do encapsulamento	29
3.4.2 Orçamentos para a impressão 3D por FDM	30
3.5 Projeção de encapsulamentos distintos para a câmara e para os componentes de processamento.....	30
3.5.1 Observações do encapsulamento	39
3.5.2 Orçamentos para a impressão 3D por FDM	40
3.6 Projeção de novos encapsulamentos para as câmaras sem restrições dos moldes simples de injeção de plástico	41
3.6.1 Observações dos encapsulamentos	43
3.6.2 Orçamentos para a impressão 3D por FDM	44
3.7 Melhorias realizadas após exposição dos encapsulamentos projetados	44
4. Impressão 3D por FDM	47
4.1 Aquisição de uma impressora 3D por FDM.....	47
4.2 Parâmetros de impressão 3D por FDM.....	48
4.3 Aperfeiçoamento de detalhes na impressão	50
4.4 Impressão e montagem das peças projetadas.....	53
4.4.1 Aperfeiçoamento de detalhes dos encapsulamentos após impressão	56
5. Projeção de moldes para a injeção dos encapsulamentos em plástico	59
5.1 Molde de injeção para o encapsulamento dos componentes de processamento	60
5.2 Molde de injeção para o encapsulamento da câmara IDS	61
6. Conclusão e perspectivas de trabalho futuro	63

Referências	65
ANEXO A: Características das câmaras IDS e e-com System	68
ANEXO B: Comparação de impressoras 3D que respeitam as restrições impostas	71
ANEXO C: Lista de material necessário para a montagem dos encapsulamentos	73
APÊNDICES: Desenhos técnicos dos encapsulamentos e moldes desenvolvidos.....	75

Siglas

2D	<i>Two Dimensions</i> (Duas Dimensões)
3D	<i>Three Dimensions</i> (Três Dimensões)
3G	<i>Third Generation of Mobile Telecommunications Technology</i> (Terceira Geração da Tecnologia de Telecomunicações Móveis)
ABS	<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i> (Acrilonitrila Butadieno Estireno)
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Desenho Assistido por Computador)
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i> (Fabrico Assistido por Computador)
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i> (Modelação por Deposição Fundida)
GPS	<i>Global Positioning System</i> (Sistema de Posicionamento Global)
HDMI	<i>High Definition Multimedia Interface</i> Alta (Definição da Interface Multimédia)
LED	<i>Light Emitting Diode</i> (Diodo Emissor de Luz)
NIRA	<i>National Industrial Recovery Act</i> (Ato de Recuperação da Indústria Nacional)
PLA	<i>Polylactic Acid</i> (Poliácido Láctico)
Tg	<i>Glass Transition Temperature</i> (Temperatura de transição vítrea)
UPTEC	Parque de Ciência e Tecnologia da Universidade do Porto
USB	<i>Universal Serial Bus</i> (Porta Universal)

Índice de Figuras

Figura 1.1- Esquema de funcionamento do sistema HealthyDrive	2
Figura 1.2- Imagens captadas pelo HealthyDrive	3
Figura 2.1- Representação de um caso de sonolência durante a condução (Acrítica 2015)	5
Figura 2.2- Estilo Streamlining aplicado a um afia-lápis (Vanlue 2012)	8
Figura 2.3- Impressora 3D Ultimaker 2 (Hoffman 2015)	10
Figura 2.4- Funcionamento da Modelação por Deposição Fundida (CustomPart 2015)	10
Figura 2.5- Efeito de escada em função da altura da camada depositada (Dverkstan 2015)	11
Figura 2.6- Exemplo de uma peça antes e após a remoção dos suportes (Stolten 2015)	11
Figura 2.7- Estrutura interna de uma peça semi-oca (Coreprint 2015)	12
Figura 2.8- Representação da utilização de diversas cores na impressão 3D por FDM (TAMP 2015)	12
Figura 2.9- Custo e dificuldade de alterações no produto com o progresso do projeto (Sacchelli e Reinert 2002)	15
Figura 2.10- Molde de injeção de um tablier automóvel (Valmasser 2015)	15
Figura 2.11- Demonstração do funcionamento das gavetas utilizadas nos moldes de injeção (Costa 2015)	16
Figura 2.12- Representação dos constituintes de uma máquina de injeção (Audax 2015)	17
Figura 2.13- Posição do molde na fase de injeção (Kiam e Pereira 2007)	17
Figura 2.14- Posição do molde na fase de compactação e arrefecimento da peça (Kiam e Pereira 2007)	18
Figura 2.15- Representação do ciclo de injeção de termoplásticos (Lei Xie e Bingyan 2011)	18
Figura 3.1- Primeiro protótipo HealthyDrive	21
Figura 3.2- Segundo protótipo HealthyDrive	22
Figura 3.3- Vista lateral do segundo protótipo HealthyDrive	22
Figura 3.4- Demonstração das ligações laterais de difícil acesso	23
Figura 3.5- Demonstração da fixação dos componentes nas duas metades do encapsulamento	23
Figura 3.6- Efeito do acrílico na posição frontal à câmara	24
Figura 3.7- Análise das diferentes inclinações dos para-brisas	25
Figura 3.8- Exemplo de um componente desenhado (Placa de processamento)	26
Figura 3.9- Base do encapsulamento completo	26
Figura 3.10- Montagem do GPS e da placa de processamento na base do encapsulamento	26
Figura 3.11- Montagem da coluna e da câmara com os respetivos componentes	27
Figura 3.12- Demonstração do ajuste da câmara no ângulo desejado	28
Figura 3.13- Montagem da tampa do encapsulamento completo	28
Figura 3.14- Vista explodida do encapsulamento completo	29
Figura 3.15- Segundo protótipo HealthyDrive	30
Figura 3.16- Encapsulamento projetado completo	30
Figura 3.17- Projeção de alguns componentes colocados na unidade de processamento	31
Figura 3.18- Demonstração da montagem dos componentes de processamento (a)	31
Figura 3.19- Demonstração da montagem dos componentes de processamento (b)	32
Figura 3.20- Demonstração da montagem dos componentes de processamento (c)	32
Figura 3.21- Resultado final do encapsulamento dos componentes de processamento	33
Figura 3.22- Câmara IDS UI-1221LE	33
Figura 3.23- Câmara e-com Systems CAM_5640_MOD_NIR	33
Figura 3.24- Solução 1 para o encapsulamento da câmara IDS	34
Figura 3.25- Solução 2 para o encapsulamento da câmara IDS	34
Figura 3.26- Vista explodida do encapsulamento para a câmara IDS (solução 2)	35

Figura 3.27- Demonstração da montagem do encapsulamento para a câmara IDS (solução 2).....	36
Figura 3.28- Solução para a reflexão dos LEDs infravermelhos	36
Figura 3.29- Solução 1 para o encapsulamento da câmara e-com Systems.....	37
Figura 3.30- Solução 2 para o encapsulamento da câmara e-com Systems.....	37
Figura 3.31- Vista explodida do encapsulamento para a câmara e-com Systems (solução 2).....	37
Figura 3.32- Demonstração da montagem do encapsulamento para a câmara e-com Systems (solução 2)	38
Figura 3.33- Representação da montagem da câmara à unidade de processamento.....	38
Figura 3.34- Comparação entre o primeiro e o segundo projeto	39
Figura 3.35- Solução do encapsulamento alternativo para a câmara e-com Systems	41
Figura 3.36- Solução do encapsulamento alternativo para a câmara IDS	41
Figura 3.37- Vista explodida do encapsulamento alternativo para a câmara e-com Systems	42
Figura 3.38- Rolamento autocompensador.....	42
Figura 3.39- Vista explodida do encapsulamento alternativo para a câmara IDS.....	43
Figura 3.40- Representação do encapsulamento da câmara e-com Systems após melhorias	45
Figura 4.1- Demonstração das peças que constituem a impressora Ultimaker Original Plus	47
Figura 4.2- Demonstração da impressora 3D após montagem.....	48
Figura 4.3- Demonstração da borda de impressão.....	49
Figura 4.4- Impressão em PLA da solução apresentada na Figura 3.30	50
Figura 4.5- Comparação do resultado obtido para diferentes orientações de impressão	51
Figura 4.6- Demonstração da irregularidade da superfície da peça com a altura de impressão	51
Figura 4.7- Efeito da contração do material durante a impressão.....	52
Figura 4.8- Representação da impressão em ABS sem contração	52
Figura 4.9- Efeito da temperatura excessiva da base.....	53
Figura 4.10- Montagem do encapsulamento dos componentes de processamento (ABS)	53
Figura 4.11- Resultado final do encapsulamento para a câmara IDS (solução 1 em PLA)	54
Figura 4.12- Resultado final do encapsulamento para a câmara IDS (solução 2 em ABS)	54
Figura 4.13- Resultado final do encapsulamento para a câmara e-com Systems (ABS).....	54
Figura 4.14- Resultado final do encapsulamento alternativo para a câmara e-com Systems (ABS)	55
Figura 4.15- Resultado final do encapsulamento alternativo para a câmara IDS (PLA)	55
Figura 4.16- Resultado final do encapsulamento corrigido para a câmara e-com Systems (ABS)	55
Figura 4.17- Alterações efetuadas no encapsulamento dos componentes de processamento	56
Figura 4.18- Fixação da câmara IDS no veículo (solução 2)	57
Figura 4.19- Correção da inclinação do encapsulamento para a câmara IDS (solução 2 em PLA)	57
Figura 4.20- Componentes corrigidos no encapsulamento da câmara IDS (solução 2 em PLA)	57
Figura 5.1- Molde de injeção para o encapsulamento dos componentes de processamento.....	60
Figura 5.2- Encapsulamento dos componentes de processamento após extração do molde	60
Figura 5.3- Molde de injeção para o encapsulamento da câmara IDS	61
Figura 5.4- Encapsulamento da câmara IDS após extração do molde	61

Índice de Tabelas

Tabela 1- Parâmetros e características de impressão do PLA e ABS	14
Tabela 2- Informações dos preços de impressão 3D por FDM do encapsulamento completo	30
Tabela 3- Informações dos preços de impressão 3D por FDM dos diferentes encapsulamentos	40
Tabela 4- Informações dos preços de impressão 3D por FDM dos encapsulamentos alternativos.....	44

1. Introdução

1.1 A empresa HealthyRoad

A empresa HealthyRoad é uma *startup* tecnológica, fundada em Agosto 2014 por Filipe Oliveira, André Azevedo e Filipe Monteiro, sendo estes responsáveis por diferentes áreas da empresa, das quais se destacam o desenvolvimento de *Hardware* e *Software*. A empresa dedica-se ao desenvolvimento de tecnologias biométricas, que permitam solucionar problemas dos mais diversos setores de atividade. O atual foco da empresa passa por criar tecnologias que permitam identificar períodos de fadiga e sonolência dos condutores automóveis, visto que estes problemas representarem aproximadamente 20% das causas dos acidentes rodoviários na União Europeia.

O primeiro produto a ser lançado será um dispositivo capaz de alertar o condutor em casos extremos de fadiga e sonolência, por forma a reduzir os acidentes rodoviários causados por estes fatores.

1.2 Objetivos

A presente dissertação surge no âmbito do fim de curso do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica (ramo de Produção, Desenvolvimento e Engenharia Automóvel) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O projeto sugerido pela empresa HealthyRoad, consiste no desenvolvimento de um novo encapsulamento para o produto HealthyDrive.

Este projeto, desenvolvido nas instalações da empresa, localizada no Parque de Ciência e Tecnologia da Universidade do Porto (UPTEC), conta com os seguintes objetivos:

- Detecção e resolução dos problemas nos protótipos já existentes
- Modelação de diferentes conceitos para o novo encapsulamento do HealthyDrive
- Prototipagem por impressão 3D dos encapsulamentos desenvolvidos
- Projeção de um molde de injeção para o encapsulamento que reúna as melhores condições de funcionamento

Neste capítulo é feita uma breve apresentação da empresa HealthyRoad onde foi desenvolvido o projeto proposto, é também apresentada uma descrição do dispositivo HealthyDrive e os fatores que motivam a empresa no desenvolvimento de novos modelos para o encapsulamento do *hardware*.

1.3 O HealthyDrive

Os sinais de fadiga são comuns a quase todos os condutores, o número de vezes que os olhos piscam num dado intervalo de tempo, os bocejos constantes, o levantar das sobrancelhas, são algumas das diversas expressões faciais que permitem detetar que o condutor apresenta sintomas de sonolência e consequentemente não apto para prosseguir viagem.

O HealthyDrive, produto desenvolvido pela HealthyRoad, é um scanner biométrico que tem como objetivo detetar todos os sinais possíveis de fadiga e sonolência transmitidos pelo condutor, sendo que se tais sinais forem detetados, o dispositivo emite avisos sonoros por forma a alertar o condutor. O dispositivo é capaz de fazer uma análise direta, através da captação de imagens faciais, que permitem obter resultados mais concretos e precisos sobre o seu estado fisiológico. Posteriormente todos os dados recolhidos são enviados para uma plataforma *web* que irá fazer uma análise estatística com vista a calcular o nível de risco de cada condutor.

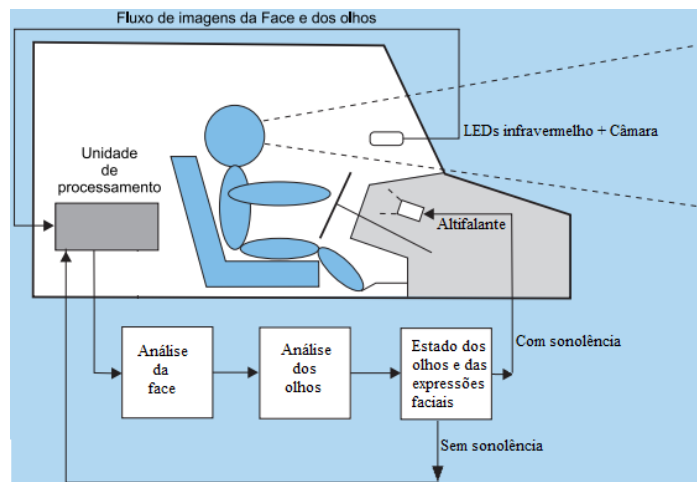


Figura 1.1- Esquema de funcionamento do sistema HealthyDrive

O dispositivo é constituído por:

- Uma câmara
- Um anel de leds infravermelhos
- Um GPS
- Uma unidade de processamento
- Um altifalante, para emitir alertas sonoros
- Uma Placa 3G
- Uma pilha

Através da análise biométrica da face, a tecnologia HealthyDrive permite detetar as alterações do nível da fadiga e sonolência do condutor ao longo da sua viagem, comparando e analisando as expressões faciais durante a condução.



Figura 1.2- Imagens captadas pelo HealthyDrive

O objetivo será melhorar a solução, para que no futuro seja possível analisar o *stress* dos condutores através da classificação de 48 expressões faciais.

Atualmente algumas versões do dispositivo estão a ser testadas em frotas de camiões e ligeiros de mercadorias de três empresas portuguesas.

1.4 Motivação da empresa no desenvolvimento do HealthyDrive

Atualmente não existem dispositivos capazes de medir a sonolência dos condutores através da utilização de tecnologias de biometria facial. Tal facto motivou a HealthyRoad a desenvolver o dispositivo HealthyDrive, de modo a usufruir do seu *software* biométrico e assim contribuir para uma redução dos acidentes causados por este fator.

Todos os anos existem cerca de 550 mil acidentes nas estradas europeias causadas pela sonolência, o que representa uma perda de 45 biliões de euros em vidas humanas e materiais, este número elevado de acidentes permite referir que se perde uma vida a cada minuto.

Neste sentido a equipa identificou um nicho de mercado de modo a melhorar a resposta a esta problemática nos condutores de veículos pesados de mercadorias e passageiros, devido a apresentarem um elevado nível de acidentes provocados por este fator.

A HealthyRoad pretende desenvolver a tecnologia HealthyDrive por forma a que os utilizadores possam conduzir de uma forma mais segura, contribuindo com uma melhoria da qualidade de vida dos seus utilizadores e a consequente melhoria em termos de segurança rodoviária.

1.5 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se estruturada em cinco capítulos.

No Capítulo 2 é feito uma breve revisão bibliográfica do problema relacionado com a sonolência durante a condução, como também uma revisão sobre algumas fases do desenvolvimento de um novo produto, como por exemplo, o *Design*, a prototipagem e a produção em larga escala por injeção de plástico.

No Capítulo 3 inicialmente são analisados os problemas de funcionamento nos protótipos atualmente utilizados pela empresa, sendo também apresentadas as necessidades do novo encapsulamento a projetar. Neste mesmo capítulo são demonstrados diferentes conceitos para o encapsulamento dos componentes necessários para o funcionamento do sistema. São também indicadas e efetuadas algumas melhorias realizadas nos protótipos após a sua exposição à empresa.

O Capítulo 4 refere-se à fase da prototipagem, sendo esta realizada por impressão 3D pelo método FDM, neste capítulo são transmitidos conhecimentos sobre esta forma de prototipagem, essencialmente nos parâmetros de impressão e nas causas de alguns problemas com os materiais utilizados, ABS e PLA. Após a impressão e deteção de algumas anomalias são demonstradas as devidas alterações efetuadas como também o resultado final após a montagem dos encapsulamentos projetados.

O Capítulo 5 refere-se à projeção dos moldes de injeção de plástico. Após a colocação dos protótipos em alguns veículos de modo a realizar testes, é possível chegar ao encapsulamento que reúne as melhores condições de funcionamento. Assim, neste capítulo são projetados moldes de injeção para estes encapsulamentos, no caso de ser necessário produzi-los numa escala de grande dimensão.

No Anexo A encontram-se as características das duas câmaras testadas no sistema HealthyDrive, no anexo B uma tabela de comparação de impressoras 3D na fase de aquisição, no Anexo C consta uma lista de material necessário para a montagem dos encapsulamentos projetados e nos Apêndices são demonstrados os desenhos técnicos dos encapsulamentos bem como dos moldes projetados ao longo desta dissertação.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Sonolência durante a condução

A prevenção rodoviária é um assunto de grande importância nos dias de hoje uma vez que, de ano para ano o número de mortos na estrada têm aumentado substancialmente. Normalmente os acidentes graves são associados ao excesso de álcool, excesso de velocidade ou consumo de drogas. Contudo, a sonolência durante a condução é também uma das grandes causas de acidentes nas estradas, esta muitas vezes compromete a condução, diminuindo o tempo de reação, vigilância, atenção e processamento de informações do condutor (Almeida, 2009).

A sonolência é a segunda maior causa de acidentes de viação, sendo que as estatísticas mostram que cerca de 20% de todos os acidentes de trânsito são devidos a condutores com um nível de sonolência elevado. Metade destes acidentes envolvem transportes pesados, 31% transportes de passageiros, e os restantes 19% veículos ligeiros. No setor do transporte rodoviário, a sonolência do condutor é considerada a principal causa de acidentes de camiões pesados, sendo responsável por 60% dos acidentes fatais (Bergasa et al., 2006; Branco, 2001).

A sonolência ocorre normalmente em viagens longas de trajetos fáceis, tornando a viagens monótonas e aborrecidas, como por exemplo as autoestradas, sendo estes os locais onde o condutor poderá atingir velocidades acima dos 100 km/h. O sono reduz os reflexos do condutor, a noção das distâncias bem como a sua capacidade de condução, a situação agrava-se quando é constatado que o condutor adormece momentaneamente, mesmo que isto aconteça numa reduzida fração de segundo o condutor poderá perder por completo o controlo do veículo (Pinto, 2015).



Figura 2.1- Representação de um caso de sonolência durante a condução (Acritica, 2015)

O adormecimento poderá ser motivado por diversos fatores tais como, cansaço acumulado, uma refeição pesada, poucas horas de sono ou simplesmente por uma noite mal dormida, estes fatores duplicam o risco de acidente, sendo que a condução por largos períodos de tempo também é fator de causa para este acontecimento. Uma pessoa com menos de 5 horas de sono tem 50% mais possibilidade de causar um acidente. A ausência do descanso faz com que, durante a condução, o condutor tenha o corpo e a mente cansados o que leva por consequência a uma perda dos seus reflexos e naturalmente torna-se demasiado perigoso conduzir nestas condições. Os picos de sonolência ocorrem entre a meia-noite e as oito horas da manhã, ocorrendo também após a hora de almoço. Na verdade a cafeína atenua estes picos, embora não os elimine (Lyrio, 2015).

Infelizmente a sonolência é uma das grandes causas do aumento do número de acidentes nas estradas, sendo que em 87% dos acidentes de viação causados por este fator, são fatais, onde a estes acidentes estão associados 2.89 mortes. A sonolência ao volante, é considerada tão perigosa como o álcool, consumo de drogas e excesso de velocidade (Pinto, 2015).

Os efeitos da sonolência na condução podem ser muito semelhantes aos efeitos causados pelo álcool uma vez que se considera que após 19 horas de privação do sono os efeitos são semelhantes a uma taxa de álcool no sangue de 0.50g/l e que após 24 horas de privação do sono os efeitos são semelhantes a uma taxa de 1g/l (ANSR, 2015).

2.2 Detecção e prevenção da sonolência na condução

Atualmente existem três formas para deteção da sonolência em tempo real, podendo estas serem formas diretas ou indiretas. A primeira categoria consiste numa análise direta que se baseia na análise de sinais biomédicos como por exemplo a atividade cerebral e cardiovascular, para ser possível realizar esta análise é necessário que alguns componentes estejam ligados ao corpo do motorista. A segunda categoria consiste numa análise indireta, esta baseia-se nas variações da condução do condutor onde é analisado o trajeto, a velocidade, o ângulo do volante entre outros sinais recebidos pelos sensores ligados ao veículo (Queiroz, 2012).

Finalmente a terceira categoria consiste numa análise direta, baseia-se em técnicas de processamento de imagens captadas da face do condutor, onde são analisados os bocejos frequentes, o piscar de olhos e o levantar das sobrancelhas (André-SP, 2014). O sistema de deteção de sonolência HealthyDrive encontra-se dentro desta categoria.

Existem diversas formas de prevenir a sonolência durante a condução e o consequente adormecimento ao volante. Uma das formas de evitar acidentes que estejam relacionados com a sonolência é o descanso que deve acontecer antes de uma longa viagem. Mesmo com o descanso prévio é aconselhável fazer paragens frequentes para descansar, a cada duas horas de viagem, de modo a exercitar os músculos e aliviar o sistema nervoso. Os principais sintomas de sonolência consistem na sensação da cabeça pesada, bocejos frequentes e olhos cansados, por estas causas o condutor sente mau estar físico e fica com uma menor capacidade de concentração, diminuindo assim a aptidão de reação perante estímulos exteriores (ANSR, 2015).

2.3 Desenvolvimento de produtos e *Design* industrial

O *Design* industrial é um processo de projeto aplicado a produtos, onde a sua produção passa pela criatividade humana, retrata numa ideia que conduz à realidade. O *Design* industrial são as cores, as texturas e as formas, de culturas, tradições e experiência, o seu principal foco está na resposta às necessidades para melhorar a qualidade de vida dos consumidores, encontrando formas de resolver os problemas. Esta fase de projeto tem lugar antes do fabrico do produto e poderá ser reajustado diversas vezes até à obtenção do produto final. Todos os produtos industriais são o resultado de um processo de *Design* que poderá ser conduzido por uma vasta equipa de colaboradores ou por apenas uma pessoa, o *Design* dos produtos são sempre influenciados por fatores externos, tais como, processos de produção, estratégia de negócio, materiais, disponibilidade financeira e público-alvo (Heskett, 1980).

O *Design* industrial é designado como uma atividade de conceber produtos por forma a que estes sejam fabricados em larga escala. Segundo *Tomás Maldonado* o *Design* é uma atividade criativa que consiste na determinação das propriedades formais dos objetos que são escolhidos para a produção industrial, durante o desenvolvimento de um produto não deve ser apenas considerado as suas características externas, será necessário ter também em consideração as relações estruturais que levam a que o produto desempenhe as funções pretendidas (Maldonado, 1960).

Segundo *Peter Dormer* existem dois tipos de *Designes*, os que têm uma conexão primordialmente entre o *Design* e a arte, e os que recorrem ao design para resolver problemas essencialmente tecnológicos, ainda dentro destes dois gêneros de *Designers*, *Peter Dormer* considera que existe duas formas como os estes encaram o desenvolvimento do produto, diferenciando-os como designers “abaixo da linha” ou “acima da linha”, tendo em conta se as preocupações são mais funcionais, (sendo este o primeiro caso), ou se são formais (sendo o segundo caso), isto é, o design acima da linha foca-se mais no aspeto visual do produto tornando-o mais apelativo sem se preocupar com a funcionalidade do mesmo, enquanto que o design abaixo da linha foca-se mais na funcionalidade do produto por forma a que este exerça as suas funções por completo, deixando mais de parte a sua estética (Dormer, 1990).

A estética de um determinado produto apenas é um fator de diferenciação, citação defendida por *Bruno Munari*, referenciando que no *Design* industrial, a estética não é um fator primordial mas sim os fatores que estão ligados à engenharia tais como, os materiais, os processos produtivos, os fatores humanos, ambientais e sociais. Existem diferentes métodos e formas para o desenvolvimento do produto, estes métodos e formas estão normalmente relacionados com os países onde estes produtos são desenvolvidos, pois cada país possui características socioeconómicas e culturais díspares, sendo distinta a personalidade dos profissionais que estão relacionados com esta área. O *Design* é a exposição de produtos e objetos tridimensionais que visam satisfazer as necessidades do consumidor (Munari, 2008).

O *Design* do produto é necessário para as indústrias e para que este chegue ao patamar de sucesso é necessário “*produzir o produto certo, pelo preço certo, para o mercado certo, na altura exata*” (ARAÚJO, M. D., Tecnologia do Vestuário, Lisboa, FCG, 1996).

2.4 Evolução do *Design* Industrial

O *Design* industrial está diretamente ligado ao crescimento da industrialização, que começou com a revolução industrial em meados do século XVIII na Grã-Bretanha. Após esta revolução houve uma mudança na forma como os produtos eram criados, ampliando os mercados diversificados que levaria a ter uma maior produção e crescimento dos impérios, proporcionando um aumento do consumo (Passos e Moura, 2007).

Devido a uma grave crise económica conhecida como Grande Depressão levou a que em 1933 o congresso dos Estados Unidos apoiado pelo presidente *Franklin Roosevelt*, aprova-se uma lei designada por *National Industrial Recovery Act* (NIRA), que tinha por base a regularização da indústria, onde as empresas seriam obrigadas a fixar os salários e preços, para estimular a recuperação económica, isto levou a que os fabricantes abandonassem temporariamente os projetos dispendiosos e fizessem uma exploração nos restantes projetos, tornando-os mais apelativos para o consumidor (Buchholz, 2015).

Esta lei levaria a que *Walter Dorwin Teague*, *Norman Bel Geddes* e *Raymond Loewy* implementassem o estilo de *Design Streamlining*. Este tipo de *Design* baseia-se nas formas arredondadas e aerodinâmicas dos aviões, que são aplicadas em objetos apenas para tornar o produto mais elegante. Nos dias que correm a grande maioria dos produtos de sucesso baseiam-se neste tipo de *Design*, onde são utilizadas linhas simples tornando o produto bastante atrativo para o consumidor (Freire, 2008).



Figura 2.2- Estilo Streamlining aplicado a um afia-lápis (Vanlue, 2012)

2.5 Conceção do produto

A conceção de um produto é a forma de uma organização responder às necessidades dos consumidores, com o principal objetivo de gerar valor para a empresa. A criação de um novo produto ou a melhoria de um produto já existente passa por diversas fases que são planeadas ao pormenor. O *Design* tem uma relação direta com o processo de produção, sendo que este normalmente cria restrições nomeadamente na forma final dos produtos. É comum nos dias que correm as empresas utilizarem técnicas tais como o “Desenvolvimento Acelerado de Novos Produtos”, o uso desta técnica obriga a uma nova forma de gestão do processo de produção e desenvolvimento (Nunes, 2004).

O Desenvolvimento Acelerado de Novos Produtos, consiste no desenvolvimento de um conceito que vai desde o planeamento até à colocação no mercado, na tentativa de coloca-lo no mercado o mais rápido possível designado também por *time-to-market*. O Desenvolvimento Acelerado de Novos Produtos, tem por base a utilização de um conjunto de técnicas que aceleram o desenvolvimento do projeto, como novas ferramentas informáticas ou até mesmo instrumentos para uso mais específico (Janssen, 2010).

Normalmente a organização que lidera o mercado, é aquela que tem a capacidade de comercializar o produto em primeiro lugar, daí a necessidade de planear com cuidado todas as fases do desenvolvimento, tendo em conta que o tempo perdido no desenvolvimento de um produto corresponde ao tempo ganho noutra organização concorrente. (Arena, 2015).

2.5.1 Conceção de um protótipo

Inúmeros benefícios poderão surgir da criação de um protótipo, a prototipagem rápida é uma forma de apoio para a validação do projeto, permite a comunicação de ideias, e essencialmente corrigir problemas que apenas são possíveis detetar com protótipos funcionais usados em testes. A criação de um protótipo funcional, permite detetar e corrigir problemas numa fase inicial do projeto, um erro encontrado nesta fase é de simples resolução e com custos reduzidos para a organização, esta é uma forma de evitar erros durante a produção em grande escala, tendo em conta que um erro encontrado nesta fase é de difícil alteração e de elevado custo. A criação de modelos físicos permite aos investidores terem um contacto direto com o produto mesmo antes de ir para o mercado (eFunda, 2015). Existem diversas formas para a criação de um protótipo, sendo uma delas a impressão 3D pelo método FDM.

2.5.2 Prototipagem através da impressão 3D por FDM

A impressão tridimensional tem vindo a passar por um grande desenvolvimento nos últimos anos e tem sido aplicada em diferentes indústrias, ganhando cada vez mais espaço. Sendo uma tecnologia promissora tem vindo a mudar drasticamente a forma de fabrico do produto, no fundo esta tecnologia serve para criar componentes físicos sejam eles protótipos ou peças finais. Inicialmente é criado um modelo em computador, com o auxílio de *softwares* CAD/CAM (*Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing*), onde as informações inseridas neste modelo são utilizadas pela impressora para o fabrico da peça tridimensional. As impressoras 3D têm grande similaridade com as impressoras que atualmente usamos para imprimir texto, a única diferença é que as impressoras 3D são capazes de imprimir um conceito sólido tridimensional, esse conceito pode ser impresso num vasto leque de materiais, normalmente polímeros (Hausman e Horne, 2014).

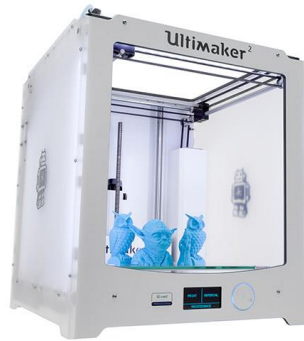


Figura 2.3- Impressora 3D Ultimaker 2 (Hoffman, 2015)

A impressão 3D por FDM, consiste na sobreposição de camadas com uma determinada espessura, de modo a obter um modelo 3D do conceito, na Figura 2.4 é representado o funcionamento deste método de impressão, onde para a construção da peça são usados dois materiais diferentes, um para a deposição de camadas na peça e outro para a criação de suportes, este sistema é normalmente utilizado em impressoras industriais, sendo que nas impressoras menos dispendiosas é apenas usado um material para a criação da peça e dos suportes. Em qualquer um dos casos o material é fornecido em bobinas, onde é possível encontrar filamentos com diferentes espessuras sendo os mais comuns de 1.75mm, 2.85mm e 3mm (Zein et al., 2002).

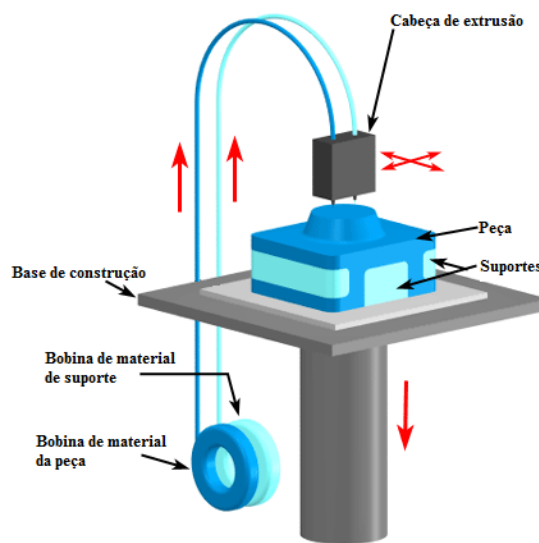


Figura 2.4- Funcionamento da Modelação por Deposição Fundida (CustomPart, 2015)

O filamento de material é forçado a entrar na cabeça de extrusão que está a uma temperatura superior à Temperatura de Transição Vítreia (T_g) do material, fazendo com que este seja extrudido num estado que permite uma boa adesão à camada anterior. A espessura de material extrudido irá depender da espessura do bico de extrusão. Na grande parte das impressoras por FDM, a cabeça de extrusão tem um movimento nas direções x e y (plano horizontal) e a base de construção apenas tem o movimento na direção z (plano vertical) (Foggiatto, 2005).

A Temperatura de Transição Vítrea (T_g), (derivada do inglês *Glass Transition Temperature*) é a temperatura à qual existe uma alteração profunda das propriedades físicas de uma material, isto é, a passagem de um estado duro e rígido para um estado amolecido (Mereco, 2015).

A impressão por FDM é feito através da sobreposição de camadas, que dão origem ao chamado “Efeito de Escada” nas superfícies curvas, este é um efeito indesejável na impressão 3D, tornando as superfícies irregulares e mais rugosas na peça. O “Efeito de Escada”, é tanto maior quanto maior for a espessura de cada camada, porém esse efeito pode ser posteriormente disfarçado com um acabamento após a impressão. Este fator também está relacionado com a escolha da orientação de impressão da peça, uma boa orientação leva a ter melhores acabamentos superficiais (Ollison e Berisso, 2010).

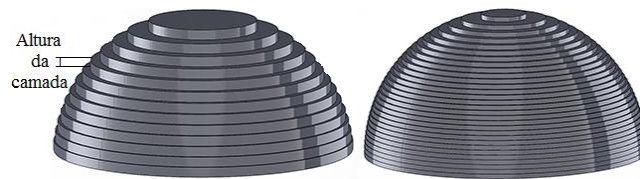


Figura 2.5- Efeito de escada em função da altura da camada depositada (Dverkstan, 2015)

Por outro lado, a orientação que leva a ter um melhor acabamento da peça (redução do efeito de escada, menor rugosidade), leva à necessidade de criar suportes, estes suportes ajudam a fixar a peça na base de impressão bem como suportar algumas saliências que devido à orientação de impressão escolhida, ficam suspensas durante a impressão. Apesar de estes suportes ajudarem na impressão da peça leva a um desperdício por vezes significativo de material. Após a impressão estes poderão ser facilmente removidos (Simon, 2015).



Figura 2.6- Exemplo de uma peça antes e após a remoção dos suportes (Stolten, 2015)

Através da sobreposição de camadas é possível criar estruturas internas complexas, que certamente seriam difíceis ou até mesmo impossíveis de alcançar em peças fundidas. A impressão 3D permite criar tanto peças solidas como peças ocas tornando-as mais leves. No caso da criação de peças ocas é possível ter estruturas internas com diversas configurações, tornando-as mais leves e com alguma rigidez (Simon, 2015).



Figura 2.7- Estrutura interna de uma peça semi-oca (Coreprint, 2015)

2.5.3 Cores e materiais utilizados na impressão 3D por FDM

Existe uma grande diversidade de materiais que podem ser usados, contudo os polímeros atualmente são os mais utilizados na impressão 3D por FDM. Estes podem conter várias cores, ficando a peça final com a cor do filamento escolhido, embora existe a possibilidade de conseguir imprimir uma peça com diversas cores. Existem duas formas de imprimir peças com várias cores por este método, ou pela utilização de mais do que um bico de extrusão (cada bico de extrusão irá depositar o material e/ou a cor diferente) (Hello3DPrinting, 2015), ou o filamento poderá conter diferentes cores e apenas é utilizado um bico de extrusão.



Figura 2.8- Representação da utilização de diversas cores na impressão 3D por FDM (TAMP, 2015)

O uso de diferentes bicos de extrusão permite não só a obtenção de uma peça com diferentes cores como também de diferentes materiais, isto porque é possível o controlo independente de cada bico de extrusão (Hello3DPrinting, 2015). No caso da utilização de um bico de extrusão, é possível apenas haver uma diversidade na cor e não no material, pois não é possível controlar os parâmetros do bico de extrusão para diferentes secções específicas do filamento. O fabrico de um único filamento com diversas cores poderá ser feito através de uma máquina de mistura automática.(Biggs, 2015).

Existe uma grande diversidade de filamentos disponíveis para impressoras 3D que usam o método de FDM, que estão a ser explorados, no entanto, os plásticos mais dominantes são, o ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) e o PLA (*Polylactic Acid*), ambos são termoplásticos que podem ser moldados com um aumento da temperatura. O PLA é extraído da farinha de

milho ou da cana-de-açúcar, este é um plástico biodegradável que tem o nome de “Plástico Verde”. É muito comum usar este tipo de plástico nas embalagens de produtos alimentares (Makergeeks, 2015). Por outro lado, não é aconselhável a utilização do PLA em peças que irão estar sujeitas a elevadas temperaturas, pois este material possui uma baixa temperatura de transição vítrea de 60°C (NatureWorks, 2015).

As peças fabricadas com este material são:

- Mais suaves (menos rugosa) e mais brilhantes.
- Produzidas sem a libertação fumos.
- Mais detalhadas.
- Menos resistentes à temperatura.

O ABS é extraído do óleo, e é usado numa vasta diversidade de produtos no mercado, que vai desde para-choques, instrumentos musicais, legos, capacetes de mota entre outros. Este material é um termoplástico rígido e leve com alguma flexibilidade e boa capacidade de absorção de energia quando sujeito ao impacto. O ABS torna-se num produto desejável não só pelas suas características como também pela boa relação de qualidade/preço. A sua temperatura de transição vítrea é de 105°C (Stratasys, 2015). Visto que o ABS é um material com temperatura de fusão elevada e de boa resistência mecânica, torna-se mais durável que o PLA. As peças fabricadas com este material são:

- Mais resistentes ao impacto e à temperatura, logo maior durabilidade.
- Mais Resistentes à fricção e à pressão.
- Produzidas com a libertação de fumos e maus cheiros, devido ao material ser derivado do óleo.
- De difícil impressão pelo facto de ter elevada contração durante o arrefecimento.

Como constatado o ABS e o PLA têm as suas vantagens e desvantagens, por isso a escolha do material varia consoante a finalidade da peça (Makergeeks, 2015).

Estes materiais comportam-se de maneira diferente durante a impressão, na Tabela 1 são demonstrado alguns parâmetros básicos a ter em conta no momento da sua utilização, contudo cada impressora tem as suas características únicas, sendo necessário ajusta-las para conseguir os melhores resultados (Ollison e Berisso, 2010).

Tabela 1- Parâmetros e características de impressão do PLA e ABS

PLA 	• Pode ser impresso numa superfície fria. • Temperatura de extrusão (180 - 220°C). • Temperatura normal da base de impressão (50 - 90°C). • Não existe grande necessidade da alteração dos parâmetros com o progresso da impressão. • Necessidade de arrefecimento da peça durante impressão.
ABS 	• Tem que ser impresso numa superfície quente devido à elevada contração do material na fase de arrefecimento. • Durante a impressão o arrefecimento da peça tem que ser muito lento. • Temperatura de extrusão (230 - 250°C). • Temperatura normal da base de impressão (80 - 105°C). • Necessidade da alteração dos parâmetros com o progresso da impressão.

2.6 Moldes para Injeção de termoplásticos

Até ser executado o projeto de um molde para injeção de termoplásticos, é necessário passar por diversas fases tais como a prototipagem, isto com o objetivo de minimizar os erros nesta fase. Um erro detetado nesta fase do projeto poderá trazer grandes problemas à organização. Estes erros tornam-se dispendiosos, pois além do elevado custo do molde, é extremamente difícil solucionar um erro cometido após o seu fabrico. Por outro lado é imprescindível a redução de erros nesta fase de modo a diminuir o tempo do projeto, pelo facto da normal filosofia de uma organização passar sempre pelo conceito de *time-to-market* (Busato, 2004).

O fabrico do molde é o componente mais complexo a ser desenvolvido durante todo o projeto, que vai desde o planeamento até ao produto final. O molde para injeção de termoplásticos é o grande responsável pela maior parte do investimento, desta forma é essencial minimizar os erros nesta fase. O custo da peça, a resistência, o tamanho e a aparência dependem da qualidade do molde. Na Figura 2.9 é possível verificar o custo e a dificuldade de alterações no produto em função do progresso do projeto, sendo possível constatar que o custo e a dificuldade de supostas alterações, aumentam com o seu progresso (Sacchelli e Reinert, 2002).

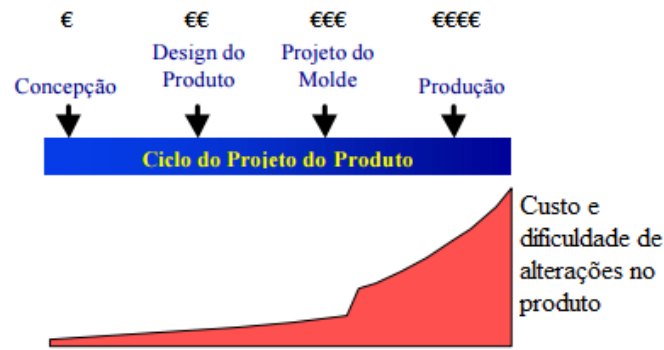


Figura 2.9- Custo e dificuldade de alterações no produto com o progresso do projeto (Sacchelli e Reinert, 2002)

Para fabricar um molde de injeção de termoplásticos, é necessário informações precisas para o seu fabrico, como por exemplo o desenho e as condições de funcionamento. A injeção do plástico feito através de uma máquina de injeção dá-se a temperaturas e forças de fecho elevadas, sendo a temperatura de extrusão dependente do tipo de material e a força de fecho dependente do tamanho da peça, esta força é medida em toneladas, o tamanho das máquinas injetoras varia com a capacidade da força de fecho. É possível ter várias peças iguais ou distintas num único molde, no caso das tampas de paredes finas é possível injetar mais de 100 tampas em apenas um molde (Dupont, 2015).

O material utilizado para o fabrico dos moldes de injeção está diretamente relacionado com o tipo de produção, sendo que para elevadas produções são utilizados moldes em aço, ou em alumínio para produções mais pequenas. Os moldes em aço são essencialmente projetados para produzir mais de um milhão de peças, contudo dependendo do seu tamanho e complexidade poderão custar centenas de milhares de Euros. Os moldes em alumínio têm um custo de fabrico inferior, porém devido às suas características mecânicas, estes estão sujeitos a um maior desgaste e deformação durante a injeção (Todd, Allen, e Alting, 1994).

Os produtos finais que não requerem muita precisão são normalmente feitos em moldes simples (constituídos apenas por duas metades), como por exemplo os produtos domésticos, por outro lado os designados “Plásticos de Engenharia” como um para-choques ou tablier de um automóvel, requerem moldes grandes de elevada complexidade contendo componentes móveis no interior designados por “Gavetas”, este tipo de moldes têm um custo associado extremamente elevado (Sacchelli, 2007).

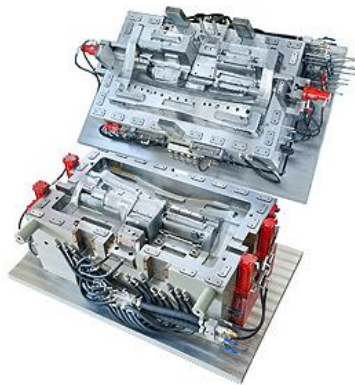


Figura 2.10- Molde de injeção de um tablier automóvel (Valmasser, 2015)

As designadas “Gavetas” são componentes móveis inseridos nos moldes de injeção, estas são normalmente utilizadas nos casos onde o plano de apartação especificado não permite a extração da peça com a utilização de moldes simples. De modo a fazer a movimentação das gavetas, são utilizados pinos designados por “Pinos Guia”, que fazem o movimento de translação na abertura e no fecho do molde (Costa, 2015).

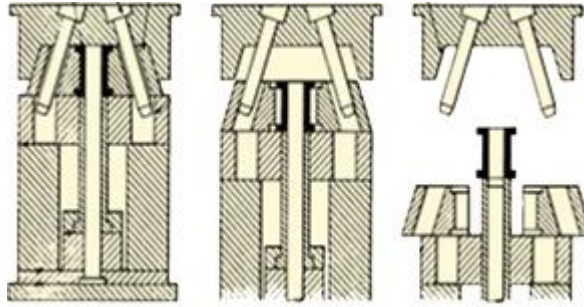


Figura 2.11- Demonstração do funcionamento das gavetas utilizadas nos moldes de injeção (Costa, 2015)

Para efetuar o projeto de um molde de injeção de termoplásticos é necessário ter alguns fatores em consideração tais como:

- A dimensão e configuração da peça.
- A quantidade de cavidades.
- A capacidade da máquina tendo em conta a força de fecho.
- A pressão utilizada na injeção da peça.
- O fluxo de material.
- A contração da peça durante a fase de arrefecimento.
- O material a ser injetado.
- A produção prevista.

Outro dos aspetos a ter em conta na projeção dos moldes de injeção, é a utilização sempre que possível de superfícies redondas, desde que estas não alterem a funcionalidade da peça, isto não só ajuda à extração da peça da cavidade do molde como também ajudam a eliminar os pontos de concentração de tensões (Oliveira, 2015).

O processo de injeção de termoplásticos divide-se basicamente em quatro fases. Aquecimento do material, injeção, compactação e arrefecimento, e finalmente extração da peça.

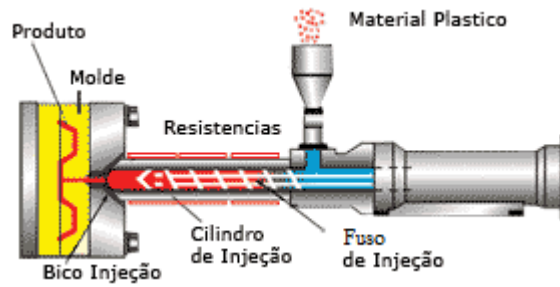


Figura 2.12- Representação dos constituintes de uma máquina de injeção (Audax, 2015)

A fase de aquecimento passa pela colocação de material no interior da máquina, onde este irá aquecer até atingir um estado suficientemente pastoso para que seja possível extrudir. Após a fase de aquecimento o movimento de rotação do fuso fará empurrar o material até ao bico de injeção da máquina, ficando este pronto a ser injetado. Antes da injeção do material é feita a correta colocação do molde no bico de extrusão da máquina, posteriormente o fuso terá um movimento de translação, com o intuito de empurrar o material preenchendo a cavidade do molde. O guiamento do material é feito através de canais de injeção principais e secundários. Nesta fase a cavidade apresenta volume maior do que o próprio volume da peça como é apresentado na Figura 2.13, isto porque as placas estão parcialmente abertas, fazendo com que o ar contido na cavidade seja empurrado para o exterior (Rosato e Rosato, 2012; Kiam e Pereira, 2007).

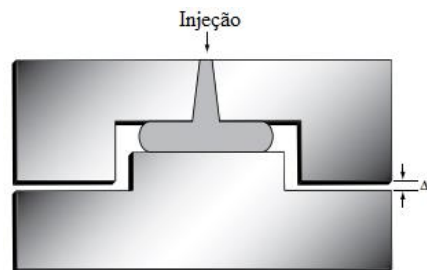


Figura 2.13- Posição do molde na fase de injeção (Kiam e Pereira, 2007)

A fase de compactação e arrefecimento do material é feita após a injeção, a compactação é executada com o molde completamente fechado, onde o aumento de pressão é proporcionado pelo deslocamento de translação do fuso. Devido à contração do material durante o seu arrefecimento é necessário fornecer um aumento de pressão, garantindo assim o total preenchimento da cavidade. O arrefecimento do molde é feito por canais de refrigeração a água, estes canais normalmente são tubos de cobre inseridos no molde cobertos por uma liga de baixo ponto de fusão. Para a obtenção de peças de qualidade é necessário garantir um bom controlo da temperatura na superfície da cavidade, deste modo é preferível que cada metade do molde tenha os seus canais de arrefecimento (Rosato e Rosato, 2012; Kiam e Pereira, 2007).

Por outro lado o uso de um canal apenas de refrigeração não garante a homogeneização da temperatura na superfície da cavidade, pois a temperatura da água à saída é muito superior à temperatura de entrada, provocando taxas de arrefecimento díspares, desta forma é recomendado a utilização de diversos canais de arrefecimento independentes (Kiam e Pereira, 2007).

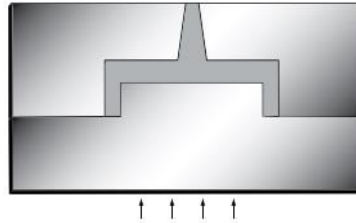


Figura 2.14- Posição do molde na fase de compactação e arrefecimento da peça (Kiam e Pereira, 2007)

A fase de extração da peça é a última etapa deste processo, consiste no recuo do fuso e na abertura do molde, possibilitando deste modo a remoção da peça injetada. Após a remoção da peça normalmente é pulverizado um líquido no interior das cavidades que ajuda no arrefecimento do molde e na própria extração da peça. Após esta fase o molde é novamente fechado ficando apto para realizar um novo ciclo (Kiam e Pereira, 2007).

O tempo do ciclo de injeção poderá ir de apenas alguns segundos até vários minutos, isto depende de alguns fatores como o tamanho da peça, a velocidade de injeção ou pela capacidade de transferência térmica do molde. É necessário ter em conta que o tempo do ciclo de injeção define a quantidade de produção, logo o objetivo de uma produção por injeção, passa por minimizar a duração do ciclo de modo a maximizar a produção (Silveira, 2015).

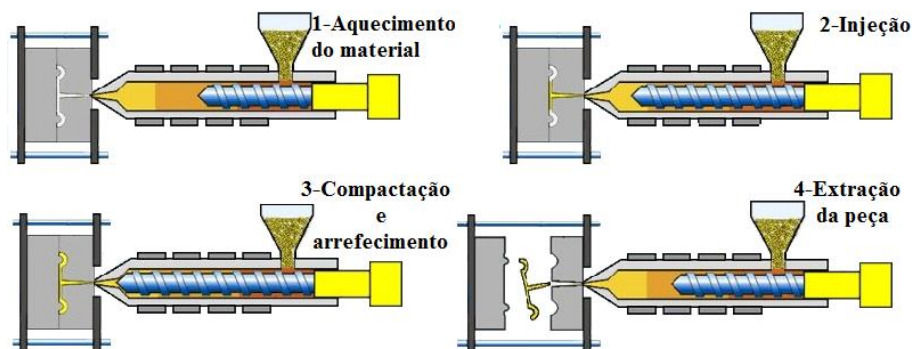


Figura 2.15- Representação do ciclo de injeção de termoplásticos (Lei Xie e Bingyan, 2011)

Como em todos os processos de produção, a injeção de termoplásticos tem vantagens e limitações:

Vantagens

- É possível produzir peças com elevada taxa de produtividade.
- Apesar da elevada dimensão dos moldes é possível produzir peças de grandes volumes.
- O Custo de mão-de-obra é baixo devido ao facto de grande parte do processo ser automatizado.
- Após a remoção da peça do molde de injeção, esta requer muito pouco ou nenhum acabamento.
- A injeção de termoplásticos permite obter peças com boa qualidade ótica, dimensional e estrutural.

Limitações

- Existe muita oferta na área de injeção, daí o lucro de cada peça ser muito reduzido.
- Elevado investimento do equipamento (Máquinas de injeção).
- Os moldes são excessivamente caros, sendo que este custo aumenta exponencialmente com a complexidade dos mesmos.
- São necessários vários ajustamentos até chegar à qualidade pretendida da peça.
- É necessário um conhecimento aprofundado na área, caso contrário irão surgir diversos problemas na produção (Silveira, 2015).

3. Desenvolvimento de um novo encapsulamento para o sistema HealthyDrive

Numa fase inicial, os protótipos atualmente utilizados pela empresa são analisados, com o objetivo de encontrar anomalias que proporcionam um incorreto funcionamento, após esta análise são reunidas várias soluções que são apresentadas ao longo desta dissertação.

3.1 Especificações dos protótipos anteriores

O primeiro protótipo a ser utilizado pela empresa foi um espelho retrovisor de um automóvel, onde estão acoplados alguns componentes necessários para o funcionamento do sistema, tais como um GPS, um scanner biométrico (câmara), uma pilha, uma unidade de processamento, uma coluna para emitir alertas sonoros e a placa 3G (responsável pela comunicação com a plataforma *online* onde são armazenados e tratados os dados recolhidos) que é colocada na parte exterior, aumentando deste modo o volume do dispositivo.



Figura 3.1- Primeiro protótipo HealthyDrive

Ao segundo protótipo estão acoplados todos os componentes referidos anteriormente, apenas uma placa de LEDs infravermelhos é adicionada para a captação de imagem noturna, como visível na Figura 3.2 a placa 3G bem como o GPS são conectados por USB na parte exterior do dispositivo.



Figura 3.2- Segundo protótipo HealthyDrive

3.1.1 Detecção de anomalias nos protótipos

No primeiro protótipo (espelho retrovisor), um dos problemas detetados logo à partida é a sua elevada dimensão, sendo que como já referido, a placa 3G fica fora do encapsulamento sendo possível ao condutor desativa-la facilmente. Por outro lado como o HealthyDrive é um produto mais vocacionado para os transportes pesados, nomeadamente camiões para transporte de mercadoria perigosa e autocarros, estes normalmente não possuem espelho retrovisor.

Além dos problemas referidos existe um outro, que faz com que descarte por completo este dispositivo desenvolvido, que é a sua localização. Normalmente o espelho retrovisor fica acima dos olhos do condutor, isto significa que a câmara que analisa as expressões faciais do condutor fica numa posição demasiado elevada, recolhendo informações que o condutor está com os olhos fechados, isto leva a que o sistema tenha inúmeros falsos alarmes. Por outro lado devido à sua localização não é possível esconder o cabo de alimentação, ficando este suspenso o que torna o produto incómodo e pouco estético.

No segundo protótipo é solucionado o problema da localização, sendo possível coloca-lo numa posição que minimize os falsos alarmes, contudo neste dispositivo também são encontrados algumas anomalias. Como pode ser visível na Figura 3.3, este protótipo obriga a utilização de um suporte que permite fixar o dispositivo ao para-brisas, com isto é reduzida a visibilidade dos condutores em algumas manobras mais apertadas devido ao espaço ocupado.



Figura 3.3- Vista lateral do segundo protótipo HealthyDrive

Para o correto funcionamento do dispositivo, este terá que ficar obrigatoriamente direcionado para o condutor, sendo que com a utilização do suporte demonstrado na Figura 3.3, será vulgar que com pequenos toques involuntários no dispositivo ou mesmo com a vibração do veículo, este se desajuste e deste modo não irá exercer as funções pretendidas.

Alguns dos componentes internos do dispositivo, encontram-se danificados pela abertura e fecho consecutivos, sendo este um dos parâmetros fundamentais num protótipo que irá sofrer consecutivamente este tipo de solicitações.



Figura 3.4- Demonstração das ligações laterais de difícil acesso

Algumas entradas da unidade de processamento são de difícil acesso, o que torna mais difícil a instalação do dispositivo nos veículos.

Atualmente a empresa tenciona utilizar dois tipos de placas de processamento, Odroid U3 e Odroid U3+, sendo que neste protótipo apenas é possível a montagem da placa de processamento Odroid U3.

Todos os componentes no interior do dispositivo estão conectados através fios, sendo que são utilizadas as duas metades que compõem o encapsulamento para a fixação dos componentes, tornando o fecho e a abertura deste dispositivo de difícil execução.

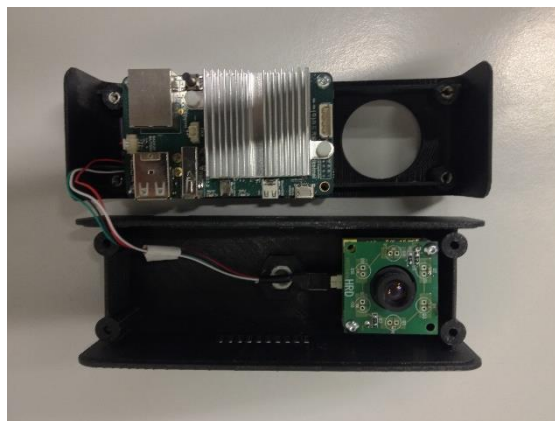


Figura 3.5- Demonstração da fixação dos componentes nas duas metades do encapsulamento

A localização de um acrílico na posição frontal da câmara, provoca uma reflexão de luminosidade proveniente dos LEDs infravermelhos para a lente da câmara. A Reflexão de luminosidade para a lente faz com que a câmara capte uma imagem distorcida da face do condutor, provocando um mau funcionamento do sistema. De modo a corrigir este problema a empresa foi forçada a utilizar o dispositivo sem o acrílico como demonstrado na Figura 3.2, desta forma alguns componentes tais como a própria câmara e os LEDs infravermelhos ficam de fácil acesso ao condutor, aumentando a possibilidade de avarias nos mesmos. Na Figura 3.6 é visível o efeito do acrílico na posição frontal da câmara.

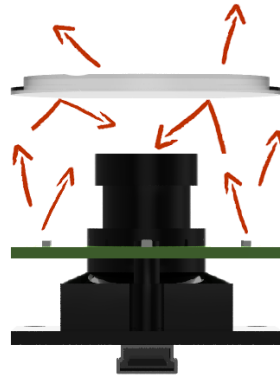


Figura 3.6- Efeito do acrílico na posição frontal à câmara

3.2 Necessidades do novo encapsulamento

Após a análise de todas as anomalias dos protótipos anteriores, será necessário então projetar diversos encapsulamentos com o intuito de resolver os problemas anteriormente mencionados. A projeção de diversas ideias possibilita testar vários encapsulamentos de modo a encontrar aquele que cumpra o maior número de requisitos.

Será necessário projetar o encapsulamento de modo a que todas as entradas da unidade de processamento sejam de fácil acesso, com o propósito de facilitar a instalação do dispositivo no veículo.

Os protótipos projetados, serão utilizados para efetuar testes estes têm de estar devidamente preparados para a abertura e fecho consecutivos, sem danificar os componentes localizados no interior.

É necessário garantir uma boa fixação da câmara, para que esta fique sempre direcionada para a face do condutor.

Devido à existência de diversas configurações de para-brisas nos veículos, a necessidade do ajuste da câmara no interior do encapsulamento, conduz a um novo problema, isto é, será necessário também projetar um mecanismo capaz de exercer estas funções sem que a câmara interfira nos outros componentes.

3.3 Análise dos para-brisas

Tendo em conta que o novo encapsulamento terá de ser instalado no para-brisas, é necessário o estudo de alguns dos para-brisas onde são normalmente implementados os dispositivos. O parâmetro mais importante a abordar são as inclinações dos para-brisas que variam de veículo para veículo, com isto, durante a instalação de alguns dispositivos para testes, é possível reter algumas informações relevantes como inclinação do para-brisas e inclinação do dispositivo. Além de ser necessário criar um mecanismo capaz de compensar a inclinação do para-brisas, é necessário ter em conta que o próprio dispositivo devido à sua localização, (abaixo dos olhos do condutor) precisa de estar ligeiramente inclinado, isto leva a um acréscimo da inclinação da câmara. Após feitas algumas medições, é possível chegar à conclusão que a câmara terá que permitir um ajustamento igual ou superior a 60°, de modo a que o dispositivo seja capaz de se adaptar a qualquer veículo.

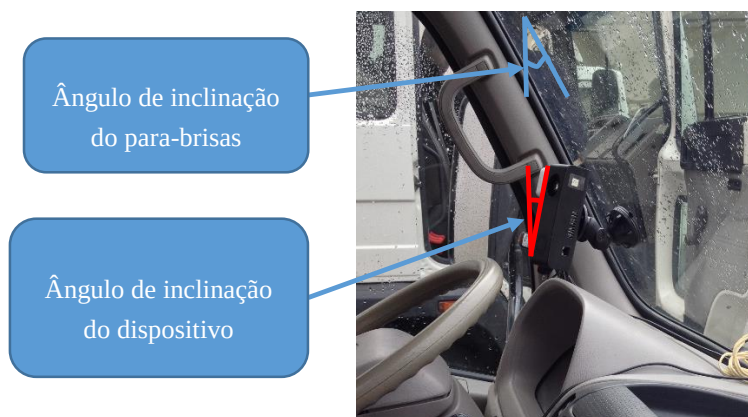


Figura 3.7- Análise das diferentes inclinações dos para-brisas

3.4 Projeção de um encapsulamento para todos os componentes

De modo a auxiliar a fase de projeto, é utilizado o *software* Siemens PLM NX, desenvolvido pela Siemens desde 2007. Este programa consiste num *software* de CAD/CAM, que possibilita projetar desenhos tridimensionalmente.

Todos os encapsulamentos a serem projetados têm como principal objetivo resolver grande parte dos problemas verificados anteriormente, tendo em consideração que estes terão que ser o mais compactos possível, de modo a não perturbar a visibilidade do condutor. Ao longo do desenvolvimento deste projeto são desenhados todos os componentes necessários para o funcionamento do sistema, com as medidas exatas, isto faz com que ao construir uma montagem dos componentes no *software* utilizado, seja possível verificar se existe alguma interferência, deste modo é possível corrigir alguns erros mesmo antes do fabrico do protótipo.

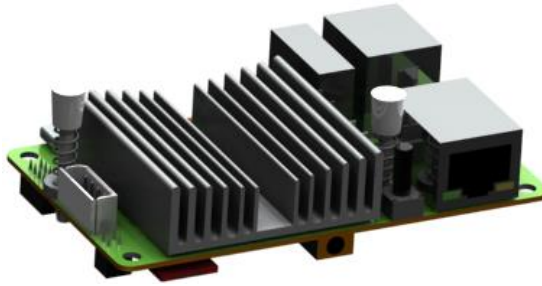


Figura 3.8- Exemplo de um componente desenhado (Placa de processamento)

Tendo todos os componentes desenhados, é possível apresentar uma sugestão da parte inferior do encapsulamento, sendo esta capaz de fixar todos os componentes necessários para o correto funcionamento do sistema.



Figura 3.9- Base do encapsulamento completo

É necessário ter em conta que o GPS terá que ser o primeiro componente a ser montado, para que este fique o mais próximo do para-brisas, de modo a reduzir possíveis interferências que os restantes componentes possam criar.

A unidade de processamento é o componente inserido de maior volume, o que faz aumentar significativamente o tamanho do encapsulamento. É possível verificar na Figura 3.10 que, tanto o GPS como a unidade de processamento são fixas apenas por dois parafusos e dois pinos que servirão de guias na montagem dos componentes.

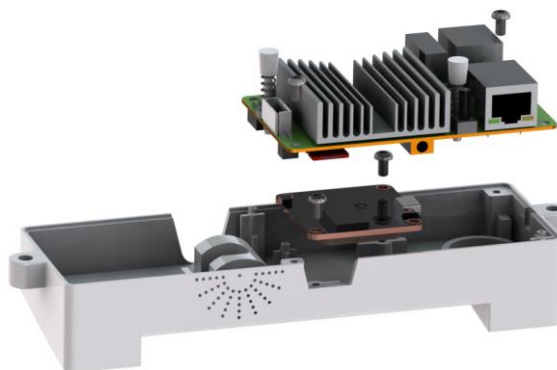


Figura 3.10- Montagem do GPS e da placa de processamento na base do encapsulamento

Estes dois componentes mencionados, irão ser desmontados muito poucas vezes, pois para efetuar manutenção não é necessário a sua desmontagem, devido a este fator estes componentes são fixos apenas com dois parafusos, sendo que estes apertam diretamente nos furos existentes no encapsulamento, deste modo não existe a necessidade da colocação de porcas de inserção para a fixação. O mesmo acontece com outros componentes que irão ser demonstrados mais à frente.

Posteriormente à montagem dos componentes referidos é possível montar as restantes peças que fazem parte do dispositivo. A coluna, componente que permite emitir um aviso sonoro de modo a alertar o condutor quando este começa a apresentar sinais de fadiga e sonolência. A câmara, componente que irá funcionar como scanner biométrico, tem como função captar e analisar a imagem facial do condutor. O ajuste da câmara irá ser feito com o mecanismo demonstrado na Figura 3.11, este é um mecanismo muito utilizado, especialmente em suportes de GPS e câmaras, devido ao seu fácil ajustamento é possível a colocação da câmara na posição desejada. Este mecanismo permite suportar diversos componentes tais como, a placa de LEDs infravermelhos, um dissipador e dois pilares que têm a função de suportar o dissipador para que este não fique em contacto direto com a câmara. A fixação de todos estes componentes é feita por quatro parafusos como demonstrado na Figura 3.11.

Apesar de nos protótipos anteriores não existir sistema que permita o arrefecimento da placa infravermelhos, foi constatado que seria necessário um dissipador de modo a diminuir a temperatura gerada por esta placa, pois durante o seu funcionamento esta provoca um aquecimento significativo, podendo danificar não só a placa de LEDs infravermelhos como também os restantes componentes.

A parte inferior do encapsulamento foi desenhada propositadamente com uma inclinação de 10° , isto faz com que ajude a direcionar a câmara para o condutor, sabendo à partida que este dispositivo irá ser colocando normalmente no lado esquerdo do para-brisas.

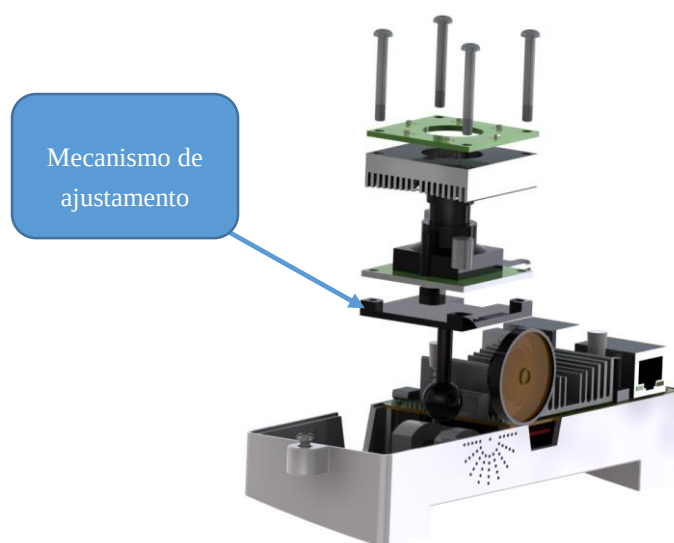


Figura 3.11- Montagem da coluna e da câmara com os respetivos componentes

O ajuste da câmara é feito através do recuo do parafuso de travamento que irá libertar o mecanismo de ajustamento, desta forma é possível posicionar a câmara no ângulo desejado. Como este componente estará sujeito a inúmeras intervenções, existe a necessidade da colocação de um incerto onde irá roscar o parafuso. De referir ainda que é possível ajustar a câmara até um ângulo de 65° na vertical e um ângulo de 15° na horizontal, isto quando o encapsulamento estiver fixo no para-brisas do veículo. Contudo com a inclinação desenhada propositadamente na parte inferior do encapsulamento, é possível posicionar a câmara na horizontal até um ângulo de 25° .

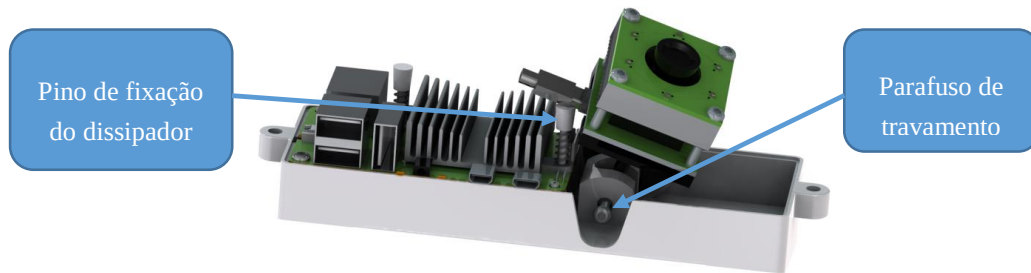


Figura 3.12- Demonstração do ajuste da câmara no ângulo desejado

A parte superior do encapsulamento é desenhada com o intuito da câmara poder alcançar todos os ângulos possíveis ajustar no interior. Na parte lateral são criados rasgos por forma a libertar o calor proveniente dos dissipadores, para que nenhum componente se danifique devido ao sobre aquecimento.

As duas metades do encapsulamento são unidas através de dois parafusos que irão roscar nos incertos colocados na parte inferior do encapsulamento.



Figura 3.13- Montagem da tampa do encapsulamento completo

Após a projeção de todos os componentes bem como das duas metades do encapsulamento é possível demonstrar num vista explodida (Figura 3.14), todos os constituintes deste projeto.



Figura 3.14- Vista explodida do encapsulamento completo

Os desenhos 2D deste projeto bem como uma vista explodida legendada encontram-se anexados nos apêndices da presente dissertação.

3.4.1 Observações do encapsulamento

Após a projeção do novo encapsulamento com os devidos componentes no interior é possível verificar que:

- O novo encapsulamento aparenta resolver os problemas encontrados nos protótipos anteriores.
- Existe uma redução do volume ocupado relativamente ao protótipo em uso.
- Vantagem do ajuste da câmara ser interno.
- O GPS pode ser colocado no interior do encapsulamento.
- Acréscimo no tempo de instalação devido ao ajuste interno da câmara, porém este fator é compensado, pois não permite que o condutor altere o seu posicionamento.
- As saídas USB e de energia localizadas do lado direito do dispositivo, colocá-lo o mais à esquerda possível do para-brisas, reduzindo o espaço ocupado.
- Existe a possibilidade de colocar os dois tipos de placas de processamento utilizadas pela empresa, Odroid U3 e Odroid U3+.
- A altura do pino que segura o dissipador da placa de processamento demonstrado na Figura 3.12, não pode ser superior a 19.5mm, caso contrário poderá interferir no ajustamento da câmara.



Figura 3.15- Segundo protótipo HealthyDrive



Figura 3.16- Encapsulamento projetado completo

3.4.2 Orçamentos para a impressão 3D por FDM

Após a conclusão do encapsulamento demonstrado, foram efetuados alguns pedidos de orçamentos para a impressão 3D em ABS dos componentes que constituem o encapsulamento.

A escolha do material de impressão está relacionada com o facto do dispositivo projetado estar sujeito a elevadas temperaturas, provenientes do aquecimento dos componentes como também da incidência direta do sol. Os custos de impressão recebidos são os apresentados na Tabela 2

Tabela 2- Informações dos preços de impressão 3D por FDM do encapsulamento completo

Empresa	Material de impressão	Cor	Preço
Kraftwurx	ABS	Branco	205,42 €
Shapeways	ABS	Branco	236,53€
I.materialise	ABS	Branco	229,60€

3.5 Projeção de encapsulamentos distintos para a câmara e para os componentes de processamento.

A projeção dos encapsulamentos que se seguem, terão como objetivo reduzir o volume do dispositivo, visto que o dispositivo anteriormente projetado continua com um volume elevado, reduzindo a visibilidade do condutor em algumas manobras mais apertadas. Desta forma são então projetados encapsulamentos independentes, um para os componentes de captação da imagem, e um outro com os componentes necessários para o processamento e comunicação.

Os encapsulamentos projetados têm a particularidade de serem possíveis injetar em moldes simples, isto leva a ter um estudo mais rigoroso no que toca ao *Design* dos encapsulamentos.

Os componentes de processamento são colocados dentro de um encapsulamento, que poderá posteriormente ser escondido no interior do veículo.

Os componentes para a captação de imagem são, a câmara e a placa de LEDs infravermelhos, porém tal como no projeto anteriormente apresentado, será necessário colocar junto da placa de LEDs um dissipador para ajudar no arrefecimento. Este encapsulamento será colocado junto ao para-brisas.

Tal como no projeto anterior são desenhados todos os componentes necessários como também as ligações, com o objetivo de garantir que não existe interferências durante a montagem.

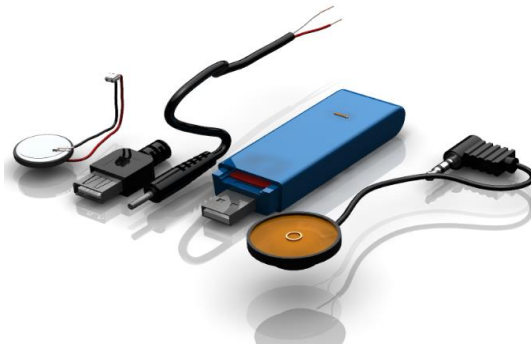


Figura 3.17- Projeção de alguns componentes colocados na unidade de processamento

Este encapsulamento é projetado de modo a que os componentes sejam colocados de forma compacta com o foco na redução de volume ocupado, isto leva a que exista uma sequência de montagem para a correta colocação dos componentes.

Os primeiros componentes a serem montados são o GPS, a pilha e a coluna, desta forma o GPS e a coluna ficam montados na superfície do encapsulamento, para que o condutor consiga ouvir o som emitido pela coluna, e para que o GPS consiga captar sinal sem interferência dos demais componentes.

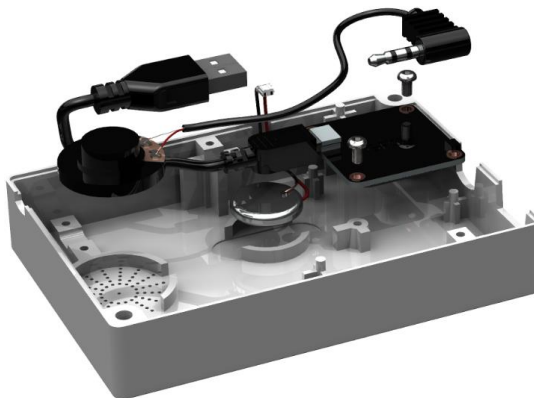


Figura 3.18- Demonstração da montagem dos componentes de processamento (a)

A montagem do GPS e da placa de processamento é semelhante ao projeto anterior, onde estes são fixos por dois parafusos, tendo nas outras extremidades dois pinos para fazer o guiamento dos componentes. De seguida é possível fazer a montagem da placa 3G e da unidade de processamento.

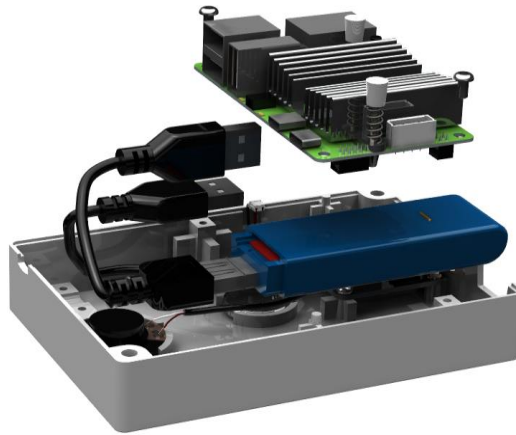


Figura 3.19- Demonstração da montagem dos componentes de processamento (b)

Após a montagem da placa 3G é possível ligá-la à unidade de processamento, através de um cabo de extensão USB. A dimensão da placa 3G faz com que o volume do encapsulamento cresça significativamente, deste modo num futuro próximo seria interessante a substituição desta placa por outro componente menos volumoso, com a mesma funcionalidade. De seguida é possível efetuar a montagem dos únicos cabos que saem do encapsulamento, que são um cabo USB que liga a câmara à unidade de processamento, e um cabo que irá fazer a sua alimentação.

A ligação HDMI à unidade de processamento é utilizada sempre que for necessário efetuar alguma manutenção, esta poderá ser acessível apenas quando o encapsulamento estiver aberto. Por fim é possível colocar a tampa, fechando desta forma por completo o encapsulamento. Esta parte foi desenhada com pequenos rasgos na sua superfície, de modo a facilitar o arrefecimento dos componentes quando estes estão em funcionamento.

É necessário a colocação de dois incertos para o aperto dos parafusos, pois como este é um dispositivo que será usado para efetuar testes, estará sujeito a inúmeras manutenções dos componentes.

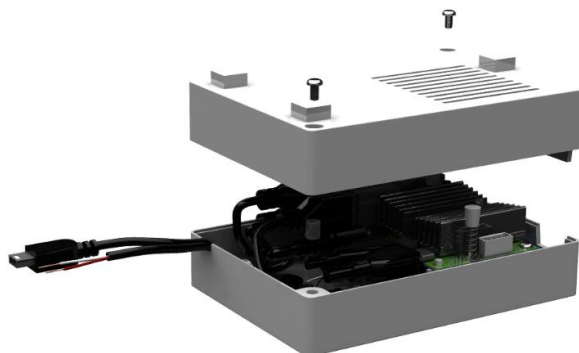


Figura 3.20- Demonstração da montagem dos componentes de processamento (c)

Após a montagem de todos os componentes e efetuar as devidas ligações, é possível proceder à sua montagem no veículo, este encapsulamento após a fase de testes poderá ser escondido, ficando num local não visível para o condutor.



Figura 3.21- Resultado final do encapsulamento dos componentes de processamento

Os desenhos 2D deste projeto bem como uma vista explodida legendada encontram-se anexados nos apêndices da presente dissertação.

Como analisado no início deste trabalho, a configuração dos para-brisas varia de veículo para veículo, logo os encapsulamentos das câmaras têm que ser capazes de alcançar ângulos que permitam captar a face do condutor. Atualmente a empresa utilizada duas câmaras distintas, (a câmara “IDS UI-1221LE” e a “e-com Systems CAM52_5640_MOD_NIR”) para as quais são apresentadas diferentes soluções. Mais uma vez são desenhados todos os componentes que irão ser montados no interior por forma a garantir que a montagem seja feita sem interferências.

Na Figura 3.22 e Figura 3.23, são demonstrados os desenhos 3D das diferentes câmaras utilizadas. As especificações das mesmas encontram-se no Anexo A da presente dissertação.

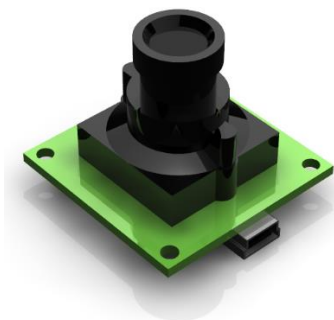


Figura 3.22- Câmara IDS UI-1221LE

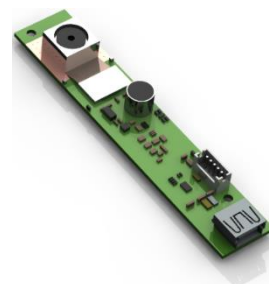


Figura 3.23- Câmara e-com Systems
CAM_5640_MOD_NIR

Os encapsulamentos para estas câmaras terão que obedecer a algumas necessidades impostas, tais como:

- Têm que ser o mais compactos possível.
- Têm que garantir que os componentes são montados sem interferências.
- Possibilidade de injetar os encapsulamentos com moldes simples ou seja a não existência de contra saídas que levaria a ter moldes com gavetas, tornando-os mais complexos e caros.
- Possibilidade de ajuste em para-brisas de diferentes inclinações.

Para a câmara IDS são apresentadas duas soluções distintas para o seu encapsulamento, tendo em conta que estes terão de incluir alguns componentes adicionais tais como, uma placa de LEDs infravermelhos para a captação de imagem noturna e uma placa dissipadora, que irá estar em contacto com a placa dos LEDs para ajudar no arrefecimento.



Figura 3.24- Solução 1 para o encapsulamento da câmara IDS

Figura 3.25- Solução 2 para o encapsulamento da câmara IDS

O ajustamento das câmaras é feito através do recuo do parafuso de travamento, possibilitando desta forma a movimentação da câmara, após encontrar a posição desejada é possível travar este movimento através do aperto do mesmo.

A montagem dos componentes para as duas soluções são semelhantes, motivo pelo qual será apresentada apenas a montagem da solução 2.

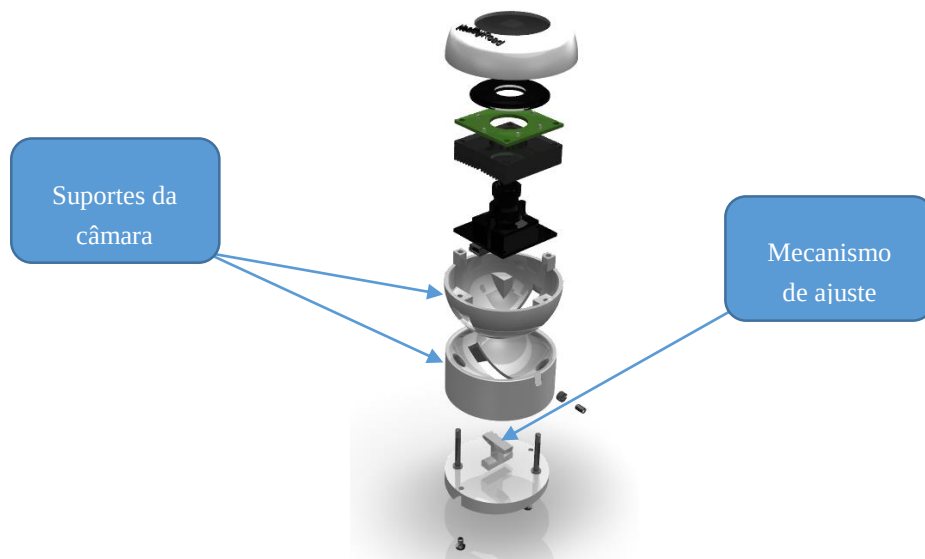


Figura 3.26- Vista explodida do encapsulamento para a câmara IDS (solução 2)

Esta câmara permite o ajustamento no ângulo desejado após a montagem no veículo, o ajustamento da câmara é feito por um mecanismo em forma de “I” apresentado na Figura 3.26, onde nos dois suportes da câmara são feitos cortes por forma a fazer o guiamento deste mecanismo. Como é possível constatar os cortes estão localizados transversalmente um em relação ao outro, permitindo que a câmara tenha um ajustamento tanto na horizontal como na vertical.

A base está desenhada propositadamente com ângulo de 5° , onde juntamente com o ajustamento câmara na vertical é possível alcançar um ângulo de 60° , sendo também que a câmara permite um ajustamento de até 30° na horizontal, quando montada no veículo.

Após conclusão do passo anterior é permitido fixar os restantes componentes que constituem este dispositivo pela seguinte ordem, a câmara, dois pilares (que permitem o não contacto direto entre dissipador e câmara), o dissipador, a placa de LEDs infravermelhos, o vidro e finalmente a tampa do encapsulamento. A utilização de apenas dois parafusos permite a fixação de todos estes componentes.

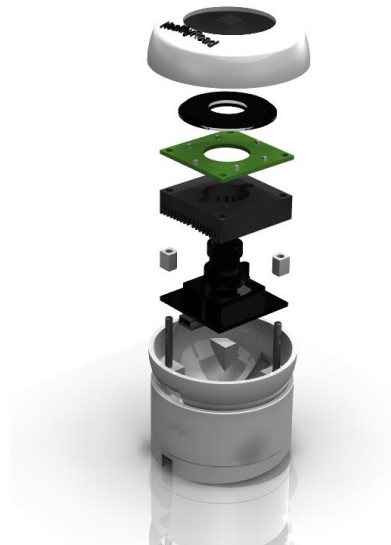


Figura 3.27- Demonstração da montagem do encapsulamento para a câmara IDS (solução 2)

Como é possível verificar na Figura 3.28, o vidro colocado no dispositivo contém um abertura propositada, de modo a permitir que a lente da câmara fique fora do encapsulamento, esta é uma forma de resolver um dos problemas encontrados no segundo protótipo utilizado pela empresa, a reflexão de luminosidade proveniente dos LEDs infravermelhos para a câmara.

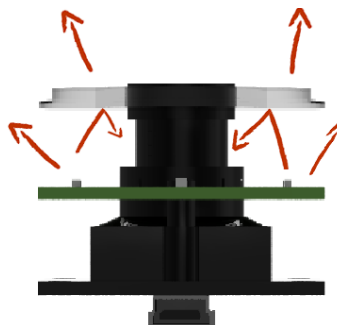


Figura 3.28- Solução para a reflexão dos LEDs infravermelhos

Os desenhos 2D deste projeto bem como uma vista explodida legendada encontram-se anexados nos apêndices da presente dissertação.

Para a câmara e-com Systems são apresentadas também duas soluções de encapsulamento distintas. Neste estão incluídos também alguns componentes adicionais tais como, uma placa de LEDs infravermelhos e uma placa metálica para o arrefecimento.

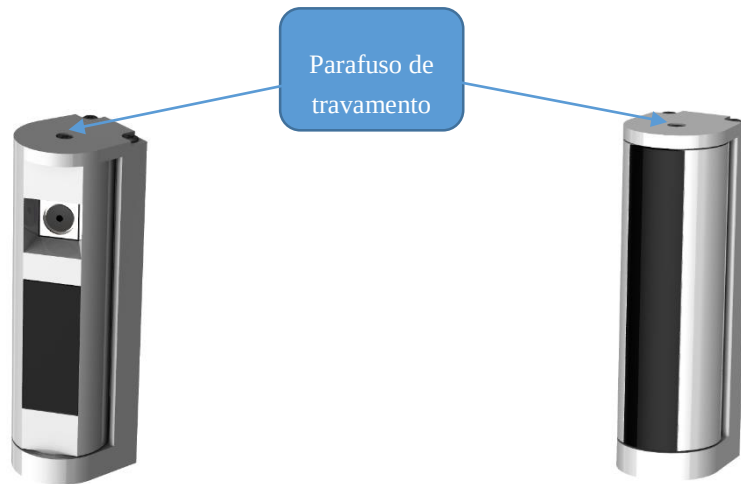


Figura 3.29- Solução 1 para o encapsulamento da câmara e-com Systems

Figura 3.30- Solução 2 para o encapsulamento da câmara e-com Systems

Tal como nas duas soluções demonstradas anteriormente para a câmara IDS, o ajustamento das câmaras é feito através do recuo de um parafuso, sendo que este tem duas funções, permite o travamento do dispositivo como também o guiamento de rotação em torno do eixo do parafuso, possibilitando desta forma a rotação do dispositivo até chegar à posição desejada. Após a colocação da câmara na posição pretendida é possível travar o movimento através do aperto do parafuso, como demonstrado na Figura 3.29 e Figura 3.30.

A montagem dos componentes para os dois encapsulamentos é semelhante, motivo pelo qual será apresentado apenas a montagem da solução 2.

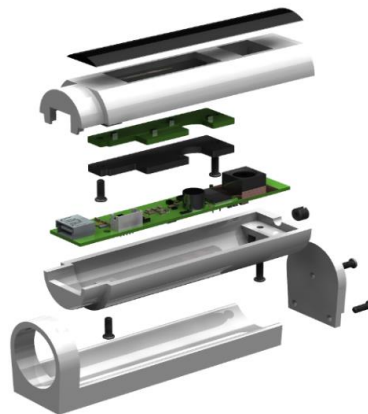


Figura 3.31- Vista explodida do encapsulamento para a câmara e-com Systems (solução 2)

Devido ao volume reduzido deste encapsulamento apenas é necessário que este tenha ajustamento em torno de um eixo, permitindo a fixação da câmara no veículo na vertical ou na horizontal.

Devido ao seu volume , este permite que não seja reduzida a visibilidade do condutor. Este dispositivo possibilita um ajustamento até 90° sendo mais do que suficiente para a colocação em qualquer configuração de para-brisas.

A montagem do dispositivo começa pela colocação da placa de LEDs infravermelhos e da placa dissipadora, estes dois componentes são fixos à metade superior do encapsulamento. Após a colocação destes dois componentes é possível colocar a câmara no interior. Finalmente é necessário fechar o encapsulamento com a metade inferior, este fecho permite a fixação da câmara.

Após a realização dos passos anteriormente referidos, é possível a colocação do suporte que irá ficar fixo no para-brisas. Este suporte irá permitir tanto a fixação como a rotação do encapsulamento

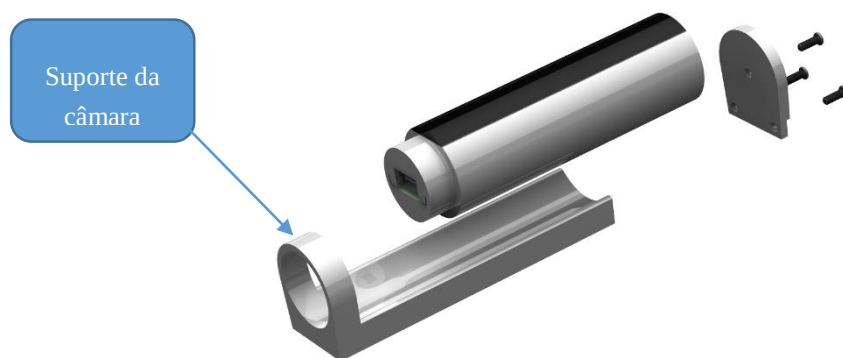


Figura 3.32- Demonstração da montagem do encapsulamento para a câmara e-com Systems (solução 2)

Concluída a montagem dos encapsulamentos das duas câmaras IDS e e-com Systems é possível fazer a ligação entre a câmara e os componentes de processamento, através do cabo mini USB, o cabo de alimentação elétrica nesta fase de testes fica ligado ao isqueiro do veículo.



Figura 3.33- Representação da montagem da câmara à unidade de processamento

Após a montagem dos encapsulamentos é possível efetuar a montagem no veículo, esta fixação é feita com uma fita adesiva de dupla face colocada na base do encapsulamento.

Na imagem que se segue é feita uma comparação dos dois projetos demonstrados anteriormente, é possível também constatar após a montagem dos mesmos no veículo, que no segundo projeto devido à sua dimensão e localização, proporciona uma redução significativa do espaço ocupado, permitindo um aumento da visibilidade do condutor. No segundo caso será ainda possível esconder a unidade de processamento ficando apenas com a câmara visível.



Figura 3.34- Comparação entre o primeiro e o segundo projeto

3.5.1 Observações do encapsulamento

Após a projeção dos novos encapsulamentos é possível verificar que:

- Aparentam resolver os problemas encontrados nos protótipos anteriores.
- Existe uma redução de espaço ocupado relativamente a protótipos já desenvolvidos na empresa, como também ao primeiro encapsulamento desenvolvido na presente dissertação.
- Existe uma maior facilidade de troca de componentes caso estes se danifiquem.
- A ligação entre os componentes é de fácil instalação, sendo estas ligações feitas maioritariamente por entradas USB e não por soldadura direta dos componentes.
- Como o travamento da câmara é feito com o aperto de um parafuso, resolve o problema de esta se desajustar com a vibração do carro provocada pelas irregularidades da estrada.

3.5.2 Orçamentos para a impressão 3D por FDM

Após a conclusão dos encapsulamentos demonstrados anteriormente, foram pedidos vários orçamentos para a possível impressão 3D em ABS. Deste modo foram recebidos os valores apresentados na Tabela 3.

Tabela 3- Informações dos preços de impressão 3D por FDM dos diferentes encapsulamentos

Empresa	Encapsulamento	Material de impressão	Cor	Preço
Kraftwurx	Componentes de processamento	ABS	Branco	232,24€
	Câmara e-com Systems (solução 2)	ABS	Branco	74,60€
	Câmara IDS (solução 2)	ABS	Branco	132,82€
Shapeways	Componentes de processamento	ABS	Branco	222,00€
	Câmara e-com Systems (solução 2)	ABS	Branco	56,39€
	Câmara IDS (solução 2)	ABS	Branco	140,89€
I.materialise	Componentes de processamento	ABS	Branco	229,60€
	Câmara e-com Systems (solução 2)	ABS	Branco	89,60€
	Câmara IDS (solução 2)	ABS	Branco	152,60€

3.6 Projeção de novos encapsulamentos para as câmaras sem restrições dos moldes simples de injeção de plástico

Nos capítulos anteriores foram demonstrados os encapsulamentos ideais, tanto a nível de volume e funcionamento bem como a possibilidade de injeta-los em moldes simples, porém de seguida são projetados dois novos encapsulamentos sem qualquer restrição destes moldes, pois o *Design* do encapsulamento está diretamente relacionado com o molde de injeção. Normalmente pequenas alterações no encapsulamento poderão alterar substancialmente o preço dos moldes, devido à necessidade da utilização de gavetas, contudo neste capítulo será apresentado encapsulamentos mais direcionados para o fabrico em impressão 3D.

Os encapsulamentos para as câmaras terão que obedecer a algumas necessidades impostas, tais como:

- Tornar o *Design* mais apelativo.
- Têm que ser o mais compactos possível.
- Têm que garantir que os componentes são montados sem interferências.
- Possibilidade de ajuste em para-brisas de diferentes inclinações.
- Montagem dos componentes com o mínimo de parafusos possível.
- Maior rapidez e facilidade de montagem dos componentes.

De seguida são apresentados duas soluções para as câmaras IDS e e-com Systems, com o objetivo de obedecerem às restrições anteriormente impostas.



Figura 3.35- Solução do encapsulamento alternativo para a câmara e-com Systems



Figura 3.36- Solução do encapsulamento alternativo para a câmara IDS

Na solução apresentada para a câmara e-com Systems (Figura 3.35) é visível uma alteração no *Design*, tornando-o mais apelativo. Este novo *Design* possibilita o travamento do cabo USB tornando-o ligeiramente maior, porém existe a possibilidade de fixar todos os componentes sem a necessidade de parafusos à exceção do suporte que permite o ajustamento da câmara. Neste encapsulamento houve uma redução significativa da quantidade de parafusos a utilizar para a fixação dos componentes, quando comparado com as soluções para esta câmara, demonstradas no capítulo 3.5, reduzindo de sete para um parafusos.

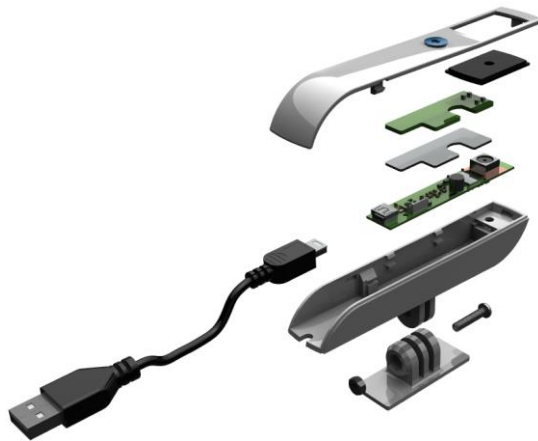


Figura 3.37- Vista explodida do encapsulamento alternativo para a câmara e-com Systems

No encapsulamento da câmara IDS, as grandes alterações relativamente às demonstradas no capítulo 3.5 é o funcionamento e a fixação dos componentes. O funcionamento foi inspirado nos rolamentos autocompensadores, basicamente é um rolamento de menor dimensão dentro de outro rolamento de maior dimensão, capaz de funcionarem em ângulos diferentes como possível verificar na Figura 3.38.



Figura 3.38- Rolamento autocompensador

O conceito utilizado para o funcionamento deste encapsulamento, leva a uma redução do volume ocupado, contudo a impressão 3D deste encapsulamento é de difícil execução.

Relativamente aos componentes no interior, é possível fazer a montagem sem a necessidade de recorrer à utilização de parafusos. Quando comparado com os encapsulamentos apresentados no capítulo 3.5 para esta mesma câmara, é possível verificar uma melhoria no *Design* apresentado.

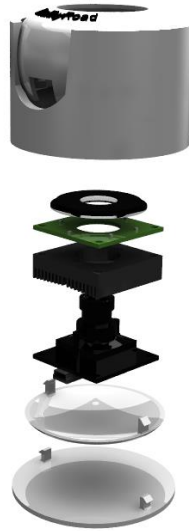


Figura 3.39- Vista explodida do encapsulamento alternativo para a câmara IDS

3.6.1 Observações dos encapsulamentos

Após a projeção dos novos encapsulamentos é possível verificar que:

- Os encapsulamentos apresentados neste capítulo refletem uma melhoria no *Design* tornando-os mais apelativos.
- Devido ao seu *Design* é possível a montagem dos componentes que constituem o dispositivo praticamente sem necessidade de parafusos.
- Existe um aumento do volume no encapsulamento da câmara e-com Systems, contudo este aumento deve-se à possibilidade do travamento do cabo USB.
- Existe uma maior dificuldade na impressão 3D dos encapsulamentos devido à existência de componentes pormenorizados.

3.6.2 Orçamentos para a impressão 3D por FDM

Após a conclusão dos encapsulamentos demonstrados anteriormente, foram pedidos vários orçamentos para a possível impressão 3D em ABS. Deste modo foram recebidos os valores apresentados na Tabela 4.

Tabela 4- Informações dos preços de impressão 3D por FDM dos encapsulamentos alternativos

Empresa	Encapsulamento	Material de impressão	Cor	Preço
Kraftwurx	Câmara e-com Systems	ABS	Branco	79,90€
	Câmara IDS	ABS	Branco	136,64€
Shapeways	Câmara e-com Systems	ABS	Branco	60,47€
	Câmara IDS	ABS	Branco	144,95€
I.materialise	Câmara e-com Systems	ABS	Branco	94.50€
	Câmara IDS	ABS	Branco	145.30

3.7 Melhorias realizadas após exposição dos encapsulamentos projetados

Com a exposição das diferentes ideias projetadas, é possível fazer uma recolha de informação no que respeita às vantagens e desvantagens de cada encapsulamento.

A solução 2 do encapsulamento da câmara e-com Systems apresentado no capítulo 3.5 (Figura 3.30), tem como principal vantagem ser bastante compacto e de fácil ajuste, contudo não existe o travamento do cabo USB, isto leva a que seja de fácil acesso a desativação da câmara, sendo que a desativação dos componentes por parte dos condutores é um caso bastante frequente durante a utilização do equipamento.

Por outro lado o encapsulamento da câmara e-com Systems apresentado no capítulo 3.6 (Figura 3.35), resolve o problema do travamento do cabo USB, contudo devido a este fator e à sua estética leva a que este tenha um maior volume.

Com isto a decisão passa por efetuar alterações por forma a que o encapsulamento seja o mais compacto possível mas com a possibilidade de travamento do cabo USB, desde modo é possível demonstrar a nova solução na Figura 3.40.



Figura 3.40- Representação do encapsulamento da câmara e-com Systems após melhorias

Naturalmente esta alteração faz aumentar o volume do encapsulamento, no entanto torna-se num dispositivo mais fiável, pois para efetuar a desativação da câmara será necessário a desmontagem total do encapsulamento.

4. Impressão 3D por FDM

4.1 Aquisição de uma impressora 3D por FDM

Ao longo desta dissertação foram apresentados os preços dos encapsulamentos desenhados para a possível impressão 3D, para isso foram pedidos orçamentos a 3 empresas distintas, sendo estes valores muito semelhantes. Com a apresentação e discussão dos valores monetários de impressão, foi considerado mais rentável a aquisição em uma impressora 3D para a empresa, pelo facto de ser necessário imprimir cerca de uma dezena de encapsulamentos.

A partir deste momento é feito um estudo de mercado por forma a encontrar a impressora 3D que tenha a melhor relação preço/qualidade dentro de um orçamento inicialmente estipulado.

Após a reunião das impressoras que respeitam algumas das restrições impostas, tais como a capacidade de imprimir o volume do encapsulamento projetado no capítulo 3.4, é possível apresentar uma tabela que consta no Anexo B de comparação das diferentes impressoras. Após a análise das características de cada impressora é de notar o destaque da impressora Ultimaker Original Plus, embora esta fornecida totalmente desmontada o desafio da sua montagem foi aceite.



Figura 4.1- Demonstração das peças que constituem a impressora Ultimaker Original Plus

Após algumas horas de montagem e ajuste de parâmetros a impressora está pronta a imprimir as primeiras peças.

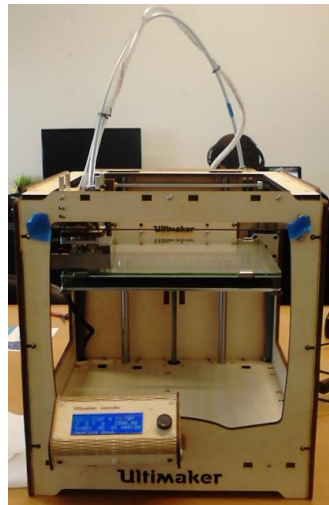


Figura 4.2- Demonstração da impressora 3D após montagem

4.2 Parâmetros de impressão 3D por FDM

A fase fundamental para a obtenção de impressões de boa qualidade é necessariamente o ajuste correto dos parâmetros da impressora 3D. Os parâmetros básicos com necessidade de ajustamento são:

- A altura do layer, é a altura de cada camada de material depositada pela impressora, o aumento desta altura faz reduzir o tempo de impressão de cada peça, embora aumente significativamente o “Efeito de Escada” em peças com superfícies redondas, teoricamente a redução da altura do layer para metade aumenta para o dobro o tempo de impressão
- Espessura da casca, permite imprimir peças ocas tornando-as funcionais e ao mesmo tempo mais leves, a possibilidade de criar peças ocas permite reduzir o tempo de impressão proporcionando uma poupança de material significativa, contudo a redução da espessura da casca faz diminuir as propriedades mecânicas da peça.
- Velocidade de impressão, varia significativamente a qualidade final da peça, apesar da redução da velocidade aumentar a qualidade de impressão, não significa que uma redução excessiva da velocidade seja a melhor opção, pois cada impressora tem um erro mínimo associado, designado por resolução máxima. O ideal será encontrar a velocidade mínima de modo a obter a máxima resolução de impressão.
- Temperatura de impressão ou temperatura de extrusão, depende do tipo de material a ser impresso, a temperatura de impressão define também a qualidade da peça, um aumento da temperatura fará com que o material fique menos viscoso capaz de ter uma melhor adesão à camada anteriormente depositada, contudo um aumento excessivo da temperatura faz com que o material depositado tenha maior fluidez na superfície da peça, provocando grandes deformações. Por outro lado a redução da temperatura de

impressão, faz com que as camadas sobrepostas não tenham uma boa adesão entre si. Por forma a minimizar estes constrangimentos será necessário encontrar a temperatura ideal de extrusão de cada material.

- Temperatura da base, tal como a temperatura de impressão, esta depende do tipo de material a imprimir. Apenas é possível imprimir alguns materiais quando a impressora contém uma base que permite ser aquecida, por exemplo o material ABS. O aquecimento da base da impressora permite ter uma boa adesão com a base da peça, diminuindo a ocorrência de empenos durante o arrefecimento, sendo este um dos grandes problemas na impressão do material ABS. Um aumento excessivo da temperatura da base provoca deformações na peça isto quando é ultrapassado a temperatura de transição vítrea do material, por outro lado se a base da impressora estiver com uma temperatura demasiado baixa, com o decorrer da impressão a peça acabará por perder a adesão à base, conduzindo a uma má impressão. Por forma a aumentar esta adesão, normalmente é criada uma camada de material em torno da peça designada por borda, de modo a aumentar a área em contacto com a base.

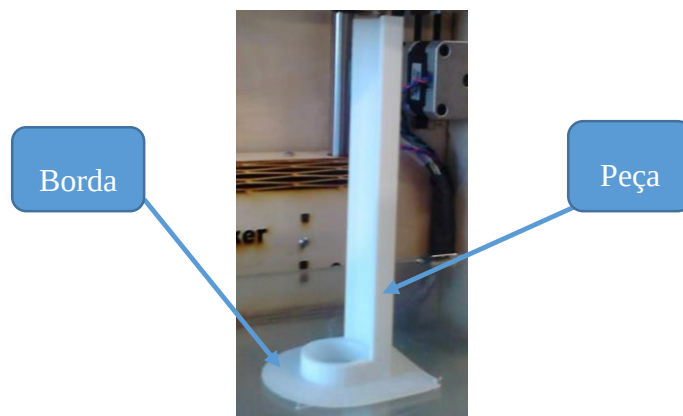


Figura 4.3- Demonstração da borda de impressão

- Fluxo de material, para uma boa impressão o fluxo de material terá que depender necessariamente da altura da camada e da velocidade de impressão, para isso é necessário chegar a uma relação entre estes três parâmetros, caso esta relação não fique bem ajustada, poderá acontecer duas situações, a impressora terá falta de material ficando camadas incompletas, isto acontece quando a velocidade de impressão é muito elevada relativamente ao fluxo de material depositado e/ou quando a altura da camada é demasiado elevada. Por outro lado se a velocidade e/ou a altura da camada for demasiado baixa para o mesmo fluxo de material, as camadas anteriormente depositadas são esmagadas pelo material extrudido, provocando deformações na peça.
- Tempo de arrefecimento da camada, antes de se iniciar uma nova camada é necessário garantir que a camada anterior teve tempo de solidificar, daí ser necessário ajustar o tempo entre duas camadas, que é igual ao tempo de arrefecimento.

É de referir que todos os parâmetros mencionados anteriormente poderão não ser fixos do início até ao fim da impressão, estes poderão ser alterados, desta forma é possível obter melhores resultados finais. Apesar dos parâmetros referidos serem apenas alguns do vasto número de parâmetros possíveis ajustar, estes se bem ajustados possibilitam uma boa qualidade final da peça.

4.3 Aperfeiçoamento de detalhes na impressão

De modo a auxiliar a impressão, são utilizados dois *softwares*, o Meshmixer produto desenvolvido pela Autodesk, e o Cura produto desenvolvido pela Ultimaker, estes *softwares* permitem especificar previamente os parâmetros de impressão, como também ajudam a estipular os suportes necessários para cada peça.

Após o ajuste dos alguns parâmetros é possível iniciar com o processo de impressão dos encapsulamentos projetados. O primeiro encapsulamento a ser impresso é a solução 2 para a câmara e-com Systems apresentado na Figura 3.30.

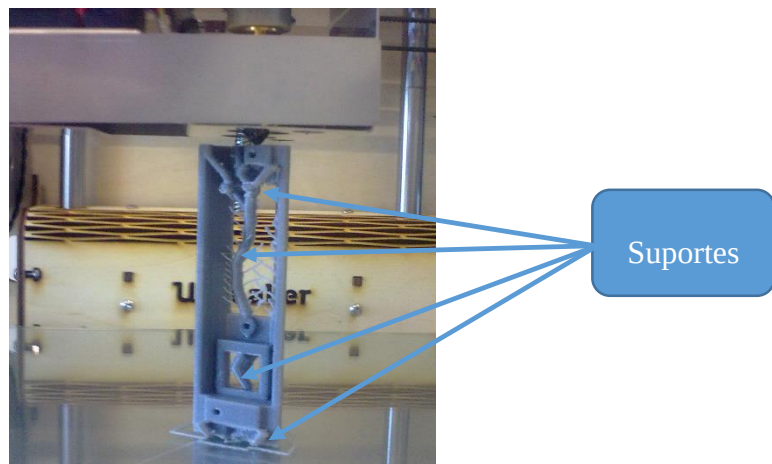


Figura 4.4- Impressão em PLA da solução apresentada na Figura 3.30

Como pode ser visível na Figura 4.4, a peça é impressa na vertical, esta orientação permite melhores acabamentos na superfície, a orientação da peça para impressão depende muito da sua configuração, sendo que o objetivo será orientá-la de modo a obter rugosidades mais baixas nas superfícies funcionais ou nas superfícies visíveis.

Antes de iniciar a impressão é estipulado a utilização de suportes, estes suportes ajudam não só a fixar a peça à base da impressora, como também suportar saliências que à partida ficariam suspensas durante a impressão. O diâmetro nas extremidades dos suportes terá que ser reduzido de modo a facilitar posteriormente a remoção dos mesmos.

Com o intuito de verificar as diferenças da qualidade na impressão em diferentes orientações da peça, a mesma metade do encapsulamento é impressa com outra orientação.

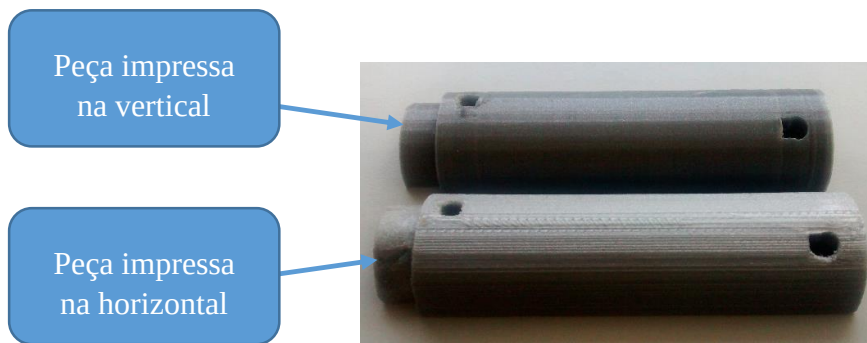


Figura 4.5- Comparação do resultado obtido para diferentes orientações de impressão

É de facto visível uma diferença significativa na qualidade de impressão, a peça impressa na horizontal apresenta um efeito de escada excessivo quando comparado com a peça impressa na vertical, daí a necessidade de uma análise prévia na orientação de impressão de modo a atingir os resultados mais satisfatórios, contudo por vezes a orientação que possibilita a melhor qualidade de impressão torna-se de difícil execução, isto quando se trata de peças finas e com uma altura significativa. Este tipo de peças têm uma área de contacto com a base muito reduzida, sendo que com o progresso de impressão existe uma maior vibração da peça, podendo esta simplesmente descolar da base ou então ficar com uma superfície irregular.

A irregularidade da superfície da peça aumenta com um acréscimo da altura de impressão.

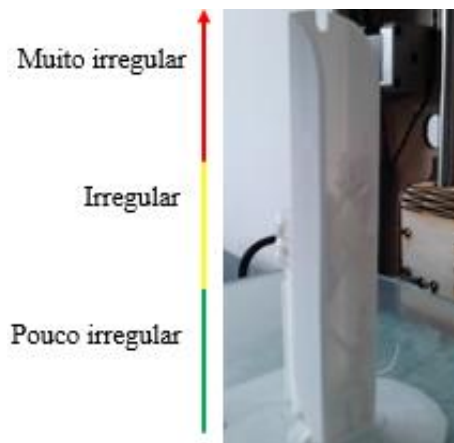


Figura 4.6- Demonstração da irregularidade da superfície da peça com a altura de impressão

Um dos métodos para reduzir este efeito é simplesmente a redução da velocidade de deslocamento da cabeça de extrusão com o progresso da impressão, a alteração deste parâmetro conduz a um maior tempo de impressão, contudo permite obter peças com maior qualidade.

O ABS é de facto um dos materiais de elevada dificuldade de impressão, numa fase inicial sucederam algumas falhas durante a impressão das peças projetadas neste material. Estas falhas devem-se à contração que o ABS proporciona após a sua extrusão, ou seja durante o arrefecimento. Mesmo com o auxílio de uma base aquecida, a contração do material faz com

que a peça descole da base conduzindo a uma impressão de má qualidade, este fator acontece normalmente em peças de grande dimensão.

Apesar da colocação de uma película aderente na base de impressão ajudar a que o fator da contração do material seja atenuado, existe ainda a necessidade de utilizar outros métodos de modo a eliminar este problema.

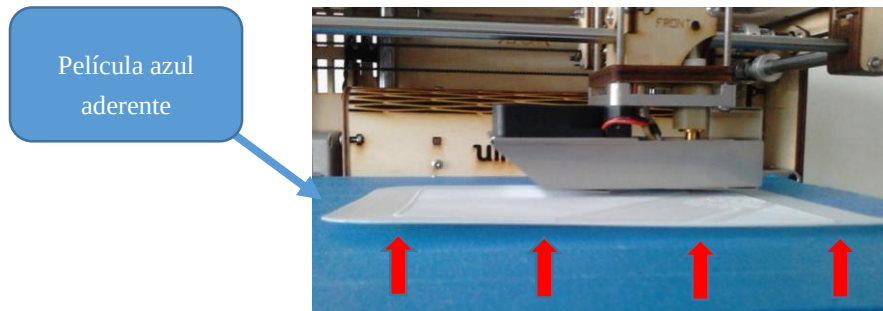


Figura 4.7- Efeito da contração do material durante a impressão

Uma das formas encontradas para solucionar o problema com a contração do ABS após extrusão é a utilização de uma película muito fina de cola na base em vez da película azul aderente. A colocação de uma película fina de cola aumenta a rugosidade da base de impressão, sendo que após algumas impressões é possível constatar algumas melhorias com o problema da contração.

Outro método que traz grandes melhorias no que respeita à contração do material, passa pela redução da espessura, temperatura de extrusão e velocidade de arrefecimento da primeira camada depositada, desta forma com a redução da espessura, o material é pressionado contra a base de impressão aumentando a adesão entre ambos. A redução da temperatura de extrusão e velocidade de arrefecimento das primeiras camadas faz com que o material depositado na base tenha uma menor contração durante o arrefecimento. Com a alteração destes parâmetros, é possível constatar uma melhoria significativa na adesão do material à base, como também a obtenção de uma superfície mais brilhante.

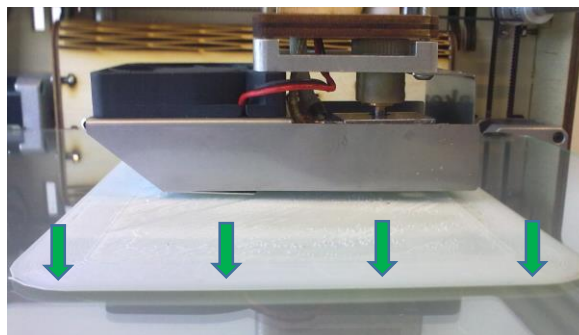


Figura 4.8- Representação da impressão em ABS sem contração

A utilização da base aquecida da impressora ajuda de forma significativa na redução da contração da peça, porém um aumento excessivo desta temperatura provoca empenos nas paredes verticais, como visível na Figura 4.9.

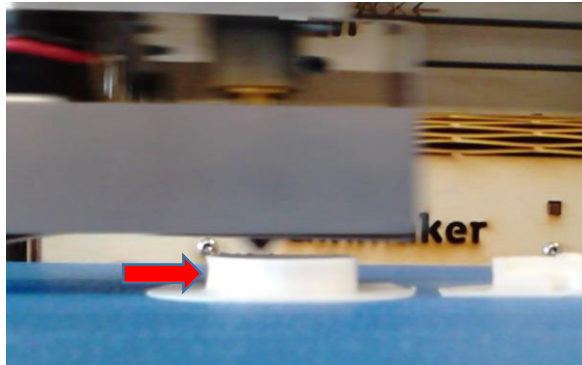


Figura 4.9- Efeito da temperatura excessiva da base

4.4 Impressão e montagem das peças projetadas

A fase mais difícil quando se trata de impressão 3D é certamente o ajuste de parâmetros, pois estes dependem muito da configuração da peça como também do material utilizado na impressão.

Dependendo do tamanho da peça ou devido à sua complexidade, por vezes é necessário fazer uma preparação prévia nos parâmetros de impressão, como por exemplo o encapsulamento dos componentes de processamento (solução apresentada na Figura 3.21), devido ao seu volume.

Após a impressão deste encapsulamento em ABS, é possível montar os componentes que constituem este dispositivo como demonstrado na Figura 4.10.



Figura 4.10- Montagem do encapsulamento dos componentes de processamento (ABS)

No seguimento da impressão, os encapsulamentos relativos à câmara IDS também são impressos (soluções apresentadas na Figura 3.24 e Figura 3.25), podendo desta forma demonstrar o resultado final de impressão e montagem na Figura 4.11 e Figura 4.12.



Figura 4.11- Resultado final do encapsulamento para a câmara IDS (solução 1 em PLA)



Figura 4.12- Resultado final do encapsulamento para a câmara IDS (solução 2 em ABS)

Como em todas as impressões, o encapsulamento referente à câmara e-com Systems (solução apresentada na Figura 3.30), é impresso nos dois materiais utilizados, PLA e ABS. O resultado final após impressão e montagem dos componentes pode ser visível na Figura 4.13.



Figura 4.13- Resultado final do encapsulamento para a câmara e-com Systems (ABS)

Seguidamente o encapsulamento alternativo da câmara e-com Systems (solução apresentada na Figura 3.35), é impresso nos mesmos materiais PLA e ABS, após algumas tentativas de modo a encontrar a orientação que permite a melhor qualidade de impressão, é possível demonstrar o resultado final na Figura 4.14. A sua complexidade, exige uma cuidada preparação dos parâmetros de impressão.



Figura 4.14- Resultado final do encapsulamento alternativo para a câmara e-com Systems (ABS)

Com alguma preparação prévia dos parâmetros de impressão é possível imprimir o único encapsulamento incapaz de ser fabricado com moldes de injeção (solução apresentada na Figura 3.36), sendo necessário a criação de alguns suportes para que seja possível efetuar esta impressão. Desta forma é apresentado o resultado final na Figura 4.15.



Figura 4.15- Resultado final do encapsulamento alternativo para a câmara IDS (PLA)

Por fim é impresso o encapsulamento apresentado na Figura 3.40, (sendo este muito semelhante à solução apresentada na Figura 3.30), desta forma alguns parâmetros já se encontram devidamente preparados para realizar esta impressão, onde é possível apresentar o resultado final na Figura 4.16.



Figura 4.16- Resultado final do encapsulamento corrigido para a câmara e-com Systems (ABS)

4.4.1 Aperfeiçoamento de detalhes dos encapsulamentos após impressão

Com o início dos testes no terreno das peças impressas, é possível detetar algumas anomalias e possíveis melhorias que não foram detetados na fase de projeto das mesmas, torna-se essencialmente mais fácil a deteção destes erros e possíveis melhorias após a análise de um modelo físico. Após esta fase, o desenho é modificado de modo a solucionar estes constrangimentos, posteriormente a peça é novamente impressa com o objetivo de constatar se as alterações realizadas levam a um melhor funcionamento do dispositivo.

Após a análise das impressões é possível verificar que é necessário efetuar algumas alterações no encapsulamento dos componentes de processamento (Figura 4.10) para que este tenha um correto funcionamento.

As alterações realizadas são:

- Criação de dois pinos por forma a guiar as duas metades do encapsulamento.
- Aumento dos pilares de fixação dos incertos, pois caso contrário não seria possível injetar esta peça num molde de injeção simples.
- Aumento do diâmetro das paredes de fixação da coluna, pois esta é de difícil colocação.

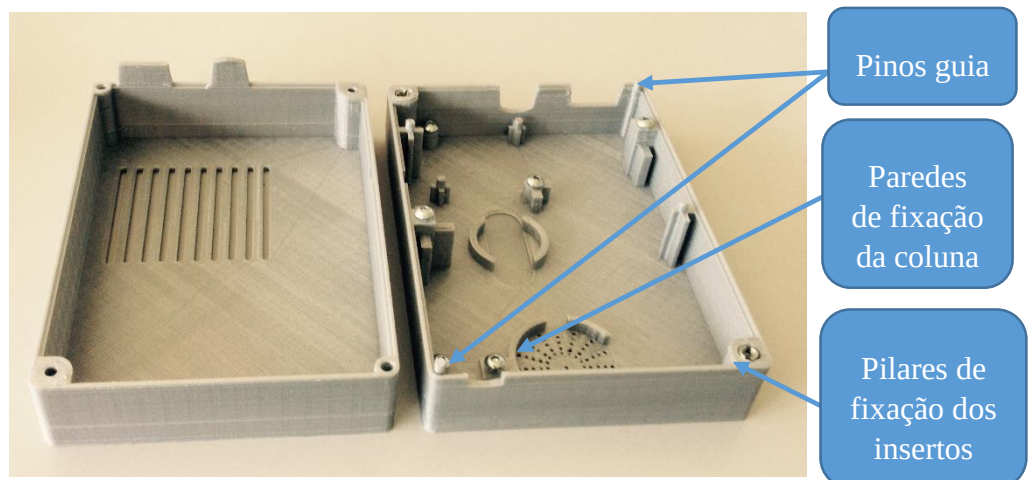


Figura 4.17- Alterações efetuadas no encapsulamento dos componentes de processamento

Depois das alterações efetuadas é possível constatar uma melhoria significativa no funcionamento deste encapsulamento.

Durante a fase de testes, o encapsulamento da câmara IDS, Figura 4.12, é montado num veículo de passageiros, onde é possível constatar que este não é capaz de se ajustar de modo a que a câmara fique devidamente direcionada para a face do condutor, ou seja, o ângulo de alcance da câmara é insuficiente, isto deve-se à elevada inclinação do para-brisas do veículo ligeiro.



Figura 4.18- Fixação da câmera IDS no veículo (solução 2)

Por forma a solucionar o problema causado pela elevada inclinação do para-brisas do veículo ligeiro, os rasgos das peças que suportam a câmera demonstrados na Figura 3.26 são aumentados. Esta alteração permite que o encapsulamento projetado tenha a capacidade de ajustar a câmera até um ângulo de 80° na vertical, quando montado no veículo.



Figura 4.19- Correção da inclinação do encapsulamento para a câmera IDS (solução 2 em PLA)

Outro componente necessário corrigir neste encapsulamento é o mecanismo de ajuste (Figura 3.26), pois caso sejam executados alguns movimentos que não necessários para o ajuste da câmera (por exemplo rotação), este fica desacoplado, a solução passa por criar uma superfície redonda no mecanismo e guias na base, que impossibilitam a desmontagem involuntária.



Figura 4.20- Componentes corrigidos no encapsulamento da câmera IDS (solução 2 em PLA)

5. Projeção de moldes para a injeção dos encapsulamentos em plástico

Após a verificação e correção das anomalias encontradas nos protótipos construídos através da impressão 3D, é então possível passar à fase da projeção dos moldes de injeção, o objetivo é projetar moldes de injeção de plástico para os encapsulamentos que ofereçam as melhores condições de funcionamento. Como foi demonstrado ao longo desta dissertação, ao utilizar dois encapsulamentos separados (uma para os componentes de processamento e outro para o componentes de captação de imagem), é possível reduzir de forma significativa o espaço ocupado pelo dispositivo colocado no para-brisas, com isto é possível referir desde já, que é essencial a criação de um molde para o encapsulamento dos componentes de processamento (Figura 3.21). Por outro lado de modo a encontrar o melhor encapsulamento que contém os componentes de captação de imagem, estes são colocados no interior de veículos para efetuar alguns testes, sendo possível chegar a algumas conclusões.

Apesar da solução apresentada para a câmara e-com Systems (Figura 3.40) apresentar o melhor funcionamento devido à facilidade de ajuste e ao volume reduzido, foi constatado após os testes que esta câmara não tem a qualidade de captação de imagem que tem a câmara IDS (Figura 3.22). Devido a este fator a empresa considerou que seria essencial a utilização de uma câmara de boa qualidade, assim a escolha do encapsulamento para o fabrico do molde de injeção fica entre as soluções apresentadas na Figura 3.24 e Figura 3.25 que correspondem à câmara IDS.

Com os testes realizados aos dois encapsulamentos para a câmara IDS, é possível chegar à conclusão que a solução 1 (Figura 3.24), apesar de ser mais compacto, verificou-se que a sua configuração, proporciona maior vibração da câmara sendo este um fator indesejável para o bom funcionamento do dispositivo. Desta forma a solução que apresenta melhores condições de funcionamento é a solução 2 projetada para a câmara IDS (Figura 3.25).

5.1 Molde de injeção para o encapsulamento dos componentes de processamento

Este encapsulamento foi previamente desenhado com o intuito de poder ser injetado através de um molde simples, desta forma é possível projetar um molde com um custo substancialmente mais baixo, quando comparado com um molde que utiliza gavetas para injeção de peças. Com o apoio do *software* Siemens PLM NX é possível efetuar a projeção dos respectivos moldes de injeção.

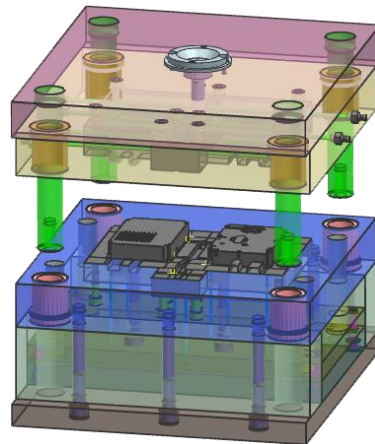


Figura 5.1- Molde de injeção para o encapsulamento dos componentes de processamento

Como é visível na Figura 5.1, todas as peças pertencentes a este encapsulamento, são injetadas no mesmo molde e não em moldes separados, isto conduz a uma poupança de custos de fabrico dos moldes. Por outro lado a criação de apenas um molde, torna-o mais complexo, pois é necessário criar vários canais de distribuição que irão conduzir o material injetado até às cavidades do molde. Neste molde são criados também alguns canais de arrefecimento de modo a que após a injeção, todas as superfícies das peças tenham um arrefecimento mais ou menos homogêneo, isto para garantir uma boa qualidade do produto final.

Na Figura 5.2 é visível o resultado final após efetuada a injeção no molde anteriormente demonstrado (Figura 5.1). Após a extração, os canais que alimentam as cavidades do molde encontram-se ligados às peças, estes terão posteriormente que ser removidos ficando com as peças devidamente prontas a serem montadas.

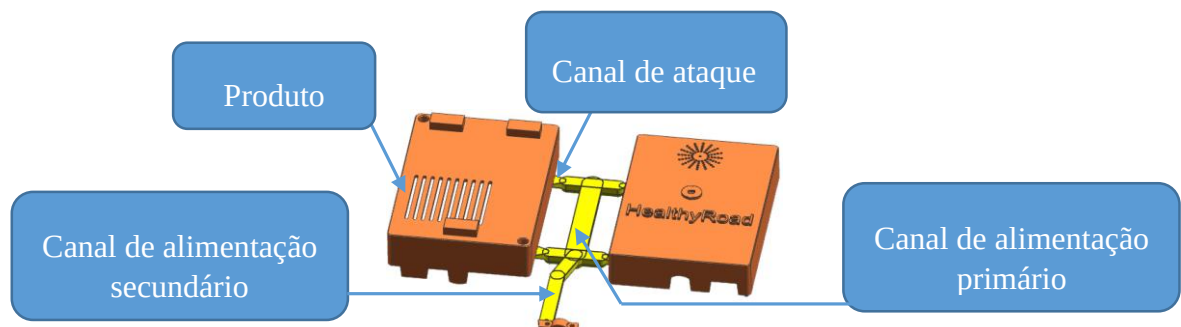


Figura 5.2- Encapsulamento dos componentes de processamento após extração do molde

5.2 Molde de injeção para o encapsulamento da câmara IDS

Tal como no molde demonstrado anteriormente as peças são injetadas em apenas um molde, reduzindo o custo de fabrico do mesmo. Neste caso também é necessário criar os devidos canais que fazem a condução do material até às cavidades do molde, onde após a extração das peças estes canais ficam acoplados às mesmas, sendo necessário a sua remoção.

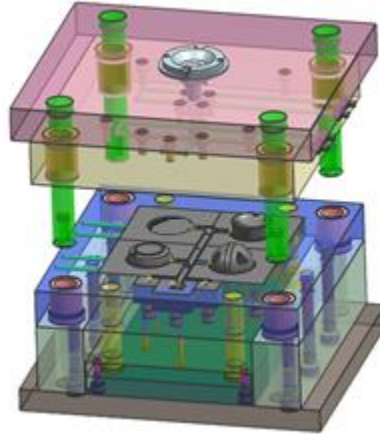


Figura 5.3- Molde de injeção para o encapsulamento da câmara IDS

Após a extração e remoção dos canais de distribuição de material, as peças encontram-se prontas para serem montadas caso não seja necessário efetuar nenhum acabamento.

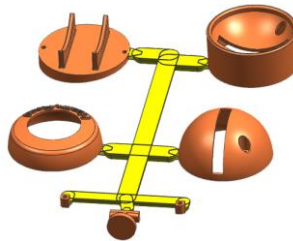


Figura 5.4- Encapsulamento da câmara IDS após extração do molde

Os desenhos 2D legendados dos moldes de injeção, encontram-se anexados nos apêndices da presente dissertação.

6. Conclusão e perspectivas de trabalho futuro

Na presente dissertação demonstrou-se as diferentes fases do desenvolvimento de um novo produto, sendo este destinado ao HealthyDrive, sistema de detecção de fadiga e sonolência para o setor automóvel. Deste modo, todos os objetivos estipulados foram superados, onde foi possível apresentar protótipos funcionais dos diferentes projetos realizados ao longo deste trabalho.

A sonolência é uma das principais causas de acidentes rodoviários, motivo que leva a empresa HealthyRoad a desenvolver um sistema capaz de prevenir os acidentes derivados desta causa. Ao logo desta dissertação foi demonstrado o desenvolvimento de novos encapsulamentos para este sistema, que passou essencialmente por quatro fases, planeamento, projeto, prototipagem e preparação para a produção com o projeto de moldes de injeção de plástico.

A fase de planeamento baseou-se na recolha de informação sobre os protótipos já desenvolvidos, necessariamente nas condições normais de funcionamento e na análise das anomalias que estes apresentam, desta forma, é possível especificar as necessidades e obter uma visão global do novo conceito. A fase de planeamento permite definir as etapas do desenvolvimento do produto, que vai desde a geração de uma ideia até ao produto final.

O projeto é a fase de maior relevância no desenvolvimento desta dissertação, deste modo foram projetados diferentes conceitos para o encapsulamento dos componentes do sistema HealthyDrive. Assim sendo foi possível testar diferentes ideias, com o objetivo de encontrar o encapsulamento que reúne as melhores condições nos diferentes ambientes de funcionamento. Esta fase permite definir os custos associados à produção, sendo necessário um estudo mais aprofundado no que toca ao *Design* do produto, pequenas alterações efetuadas na fase de projeto, podem ter um grande impacto nos custos de produção.

Através da impressão 3D, é possível fabricar modelos físicos funcionais que numa fase inicial são utilizados para detetar anomalias e efetuar algumas melhorias não detetadas na fase de projeto, consequentemente a prototipagem permite efetuar alterações numa fase inicial do projeto causando um baixo impacto financeiro para a organização. Posteriormente estes protótipos são testados no ambiente real de funcionamento de modo a constatar se o produto é capaz de exercer as funções exigidas.

Durante a impressão dos diferentes conceitos foram utilizados dois materiais o PLA e o ABS, devido às características mecânicas díspares entre estes dois materiais, os encapsulamentos impressos em PLA são utilizados apenas para demonstração de funcionamento e os impressos em ABS para efetuar testes no ambiente real. O material ABS apresenta boas características

mecânicas pela elevada Temperatura de Transição Vítrea, bem como pela capacidade de absorção de energia quando sujeito ao impacto. Contudo este material é de difícil impressão 3D por FDM, pelo facto de apresentar elevada contração durante o arrefecimento após extrusão, com isto é necessário um estudo prévio no que toca à preparação dos parâmetros de impressão.

A utilização de moldes para injeção de plástico estão normalmente associados a grandes produções do produto. Com vista a que num futuro próximo seja necessário a produção dos encapsulamentos projetados em larga escala, são projetados moldes de injeção para os encapsulamentos que reúnem as melhores condições de funcionamento. Ao longo desta dissertação, houve a preocupação de projetar encapsulamentos capazes de serem injetados em moldes simples, sendo necessário um estudo mais detalhado no que toca ao *Design* dos mesmos, com vista a tornar o fabrico dos moldes de injeção menos dispendioso. Contudo, os moldes projetados possuem diversas cavidades, levando à necessidade de criar vários canais de alimentação de modo a conduzir o material.

As ferramentas utilizadas para a realização desta dissertação como o CAD/CAM proporcionam um grande apoio e a uma redução significativa do tempo para a realização de um projeto, pois permitem entrar num ciclo iterativo de fácil acesso no desenvolvimento do produto. Estes *softwares* permitem analisar problemas detalhados que levam a uma melhor compreensão e otimização dos processos de produção.

Trabalho Futuro

De modo a dar continuidade ao presente trabalho, seria importante efetuar uma análise do enchimento das cavidades dos moldes, esta análise poderá ser efetuada através de simulações do enchimento na injeção de plástico, por forma a verificar se existe um balanceamento no preenchimento das cavidades dos moldes. Estas simulações permitem reproduzir o comportamento do enchimento próximo da realidade, podendo fazer alterações e, consequentemente, recolher algumas informações essenciais para a injeção, antes de proceder à produção do molde.

A presente dissertação passa pela realização de diferentes conceitos para o encapsulamento dos componentes atualmente utilizados pela empresa. A evolução deste projeto passaria pela aquisição de novos componentes, mais compactos e com melhor desempenho, tornando o produto final mais discreto para o condutor. Por outro lado, a utilização de encapsulamentos mais compactos, poderá proporcionar uma redução de custo da matéria-prima.

Referências

- Acritica. 2015. "Dicas para não dormir ao volante".
- Almeida, AA Bugalho. 2009. "Síndrome de apneia obstrutiva do sono como causa de acidentes de viação Obstructive sleep apnoea syndrome as a cause of road traffic accidents". *Revista Portuguesa de Pneumologia* no. 15 (3):419-431.
- André-SP, Santo. 2014. "SISTEMA DE DETECCAO REMOTA DE SONOLÊNCIA".
- ANSR. 2015. "A Fadiga e a Condução". <http://www.segurancarodoviaria.pt/a-fadiga-e-a-conducao/>.
- Arena. 2015. "Improving Product Time to Market (TTM) | Arena Solutions". <http://www.arenasolutions.com/resources/articles/time-to-market/>.
- Audax. 2015. TECPLAS PLÁSTICOS. <http://www.tecplasplasticos.com.br/servicos.html>.
- Bergasa, Luis M, Jesús Nuevo, Miguel Sotelo, Rafael Barea e María Elena Lopez. 2006. "Real-time system for monitoring driver vigilance". *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on* no. 7 (1):63-77.
- Biggs, John. 2015. "Mosaic offers color 3D printing using an ingenious automatic mixing system". <http://social.techcrunch.com/2015/05/11/mosaic-offers-color-3d-printing-using-an-ingenious-automatic-mixing-system/>.
- Branco, Livro. 2001. "A política europeia de transportes no horizonte 2010: a hora das opções". *Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias, Luxemburgo*.
- Buchholz, Rogene. 2015. "National Industrial Recovery Act | United States [1933]". <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/404942/National-Industrial-Recovery-Act>.
- Busato, Fábio André. 2004. "Parâmetros de modelagem por injeção de termoplásticos em moldes fabricados por estereolitografia com resina SOMOS 7110".
- Coreprint. 2015. "Support structure of 3D print part". http://coreprintpatterns.com/lost-pla/pla_impeller_internal_structure_90percent-_air-jpg/.
- Costa, Hamilton. 2015. "Moldes e Injeção de Plásticos". <http://www.moldesinjecaoplasticos.com.br/sistemasdegavetas.asp>.
- CustomPart. 2015. "Fused Deposition Modeling (FDM)". <http://www.custompartnet.com/wu/fused-deposition-modeling>.
- Dormer, Peter. 1990. *The Meanings of Modern Design: Towards the Twenty-first Century*. Thames and Hudson.
- Dupont. 2015. "Processo de Modelação por Injeção de Plásticos". http://www2.dupont.com/Plastics/pt_US/Knowledge_Center/Processing/injection/injection_molding.html.
- Dverkstan. 2015. Getting better prints. <http://support.3dverkstan.se/article/30-getting-better-prints>.
- eFunda, Inc. 2015. "Rapid Prototyping: An Overview". http://www.efunda.com/processes/rapid_prototyping/intro.cfm.

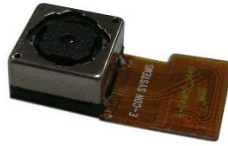
- Foggiatto, Jose Aguiomar. 2005. "Utilização do processo de modelagem por fusão e deposição (FDM) na fabricação rápida de insertos para injeção de termoplásticos".
- Freire, Ruben Gabriel Gomes. 2008. "Design de um Dispositivo Portátil de Avaliação da Locomoção Humana", Universidade do Porto.
- Hausman, K.K. e R. Horne. 2014. *3D Printing For Dummies*. Wiley.
- Hello3DPrinting. 2015. "Important Things to Know About Dual Extrusion in 3D Printers". <http://hello3dprintingworld.pt/important-things-to-know-about-dual-extrusion-in-3d-printers/>.
- Heskett, John. 1980. "Industrial Design. World of Art".
- Hoffman, Tony. 2015. Ultimaker 2. Pcmag. <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2459946,00.asp>.
- Janssen, Cory. 2010. "Time to Market". <http://www.techopedia.com/definition/23821/time-to-market>.
- Kiam, Thyago M e Nilson C Pereira. 2007. "Estudo de caso de peça moldada pelo processo de injeção-compressão para termoplásticos utilizando análise computacional". *POLIMEROS CIENCIA E TECNOLOGIA* no. 17 (1):16.
- Lei Xie, Longjiang Shen e Jiang Bingyan. 2011. Computational Fluid Dynamics Technologies and Applications. InTech. <http://www.intechopen.com/books/computational-fluid-dynamics-technologies-and-applications/modelling-and-simulation-for-micro-injection-molding-process>.
- Lyrio, Elton. 2015. "Sono é a segunda maior causa de acidentes no trânsito". http://gazetaonline.globo.com/_conteudo/2012/03/noticias/a_gazeta/dia_a_dia/1154681-sono-e-a-segunda-maior-causa-de-acidentes-no-transito.html.
- Makergeeks. 2015. "The tale of two Thermoplastics". <http://www.makergeeks.com/pla-vs-abs4.html>.
- Maldonado, T. 1960. *New Developments in Industry and the Training of Designers*.
- Mereco. 2015. "The glass transition temperature". <http://www.mereco.com/resources/ask-the-doctor/what-information-does-the-tg-glass-transition-temperature-tell-about-a-poly>.
- Munari, B. 2008. *Design as Art*. Penguin Books Limited.
- NatureWorks. 2015. "Thermal Stability of PLA Preforms". http://www.natureworkslc.com/~media/Technical_Resources/Fact_Sheets/FactSheet_PreformThermalStability_pdf.pdf.
- Nunes, Manuel José Lopes. 2004. "Metodologias de desenvolvimento de novos produtos industriais", Universidade do Minho.
- Oliveira, Danilo. 2015. "Injeção de plástico". <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABYEsAD/injecao-plastico>.
- Ollison, Troy e Kevin Berisso. 2010. "Three-dimensional printing build variables that impact cylindricity". *J. Ind. Technol* no. 26 (1):2-10.
- Passos, Ravi e Mônica Moura. 2007. "Design da informação na hipermídia". *InfoDesign: Revista Brasileira de Design da Informação* no. 4 (2).
- Pinto, Anselmo. 2015. "Sono durante a condução". <http://www.clinicadosono.com.pt/sonoacidentes>.

- Queiroz, Kédson Lopes de. 2012. "Sistema baseado em vídeo para detecção de sonolência em motoristas".
- Rosato, Dominick V e Marlene G Rosato. 2012. *Injection molding handbook*. Springer Science & Business Media.
- Sacchelli, Carlos Mauricio. 2007. "Sistematização do processo de desenvolvimento integrado de moldes de injeção de termoplásticos".
- Sacchelli, Carlos Maurício e Adriano Reinert. 2002. "Análise do Processo de Injeção de Termoplásticos Através de Sistemas CAE". Comunicação apresentada em 2º Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Anais. João Pessoa, Brasil.
- Silveira, Douglas. 2015. "Moldes e Matrizes". <http://moldes-unisc.blogspot.pt/>.
- Simon. 2015. "Adobe steps further into 3D printing industry with 'print smoothing' patent | 3D Printer News & 3D Printing News". <http://www.3ders.org/articles/20150413-adobe-steps-further-into-3d-printing-industry-with-print-smoothing-patent.html>.
- Stolten, Mark. 2015. 3D Printing Systems. <http://3dprintingsystems.com/products/up-mini-3d-printer/>.
- Stratasys. 2015. "Parameters of ABS". <http://www.nrri.umn.edu/NLTC/ABS07.pdf>.
- TAMP, TARUN. 2015. Multi-Material and Multi-Color 3D Printing. @3dprintindustry. <http://3dprintingindustry.com/2014/04/14/amaker-multi-material-multi-color-3d-printing/>.
- Todd, Robert H, Dell K Allen e Leo Alting. 1994. *Manufacturing processes reference guide*. Industrial Press Inc.
- Valmasser. 2015. "Moldes de injeção, linha automatizada". <http://www.valmasser.com.br/linha-automotiva>.
- Vanlue, Jason. 2012. Streamlining. <http://jasonvanlue.com/essays/streamlining-cleanlining/>.
- Zein, Iwan, Dietmar W Hutmacher, Kim Cheng Tan e Swee Hin Teoh. 2002. "Fused deposition modeling of novel scaffold architectures for tissue engineering applications". *Biomaterials* no. 23 (4):1169-1185.

ANEXO A: Características das câmaras IDS e e-com System

Especificações da câmara e-com Systems

CAM52_5640_MOD_NIR



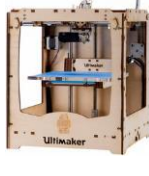
- Omnivision OV5640 1/4 " 5MP CMOS image sensor
- Focus Type – Auto Focus (VCM driven)
- **Maximum Image Transfer Rate**
- - VGA – 30 fps
 - HD (720p) – 30 fps
 - 5MP – 7 fps
-
- View Angle - 70 ° Diagonal
- Output Format - RAW RGB, RGB565/555/444, YUV4:2:2/4:2:0, YCbCr422 and compression
- Object Distance - 100mm to Infinity
- Effective Focal Length - 3.42 mm
-
- Temperature Range
- - Operation - -30° to 70° C
 - Stable Image - 0° to 50° C
- Power requirements
- - Active - 140 mA
 - Standby - 20 µA
- Max S/N ratio- 36 dB
- Dynamic Range - 68 dB
- Module Dimensions (in mm)
- - excluding flex cable - 8.5 x 8.5 x 5.15
 - with flex cable - 19 x 9.6 x 5.15

Especificações da câmara IDS UI-1221LE

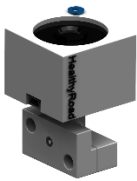


Item number	UI-1221LE-C-HQ: AB.0010.1.22500.00 UI-1221LE-M-GL: AB.0010.1.25700.23
Name	UI-1221LE
Family	LE
Interface	USB 2.0
Sensor type	CMOS
Manufacturer	Aptina
Frame rate	87.2 fps
Resolution	752 x 480
Shutter	Global shutter
Optical class	1/3"
Resolution class	0.36 MPix
Pixel size	6 µm
IP code	No
Software	IDS Software Suite
Data sheet	UI-1221LE-C-HQ UI-1221LE-M-GL

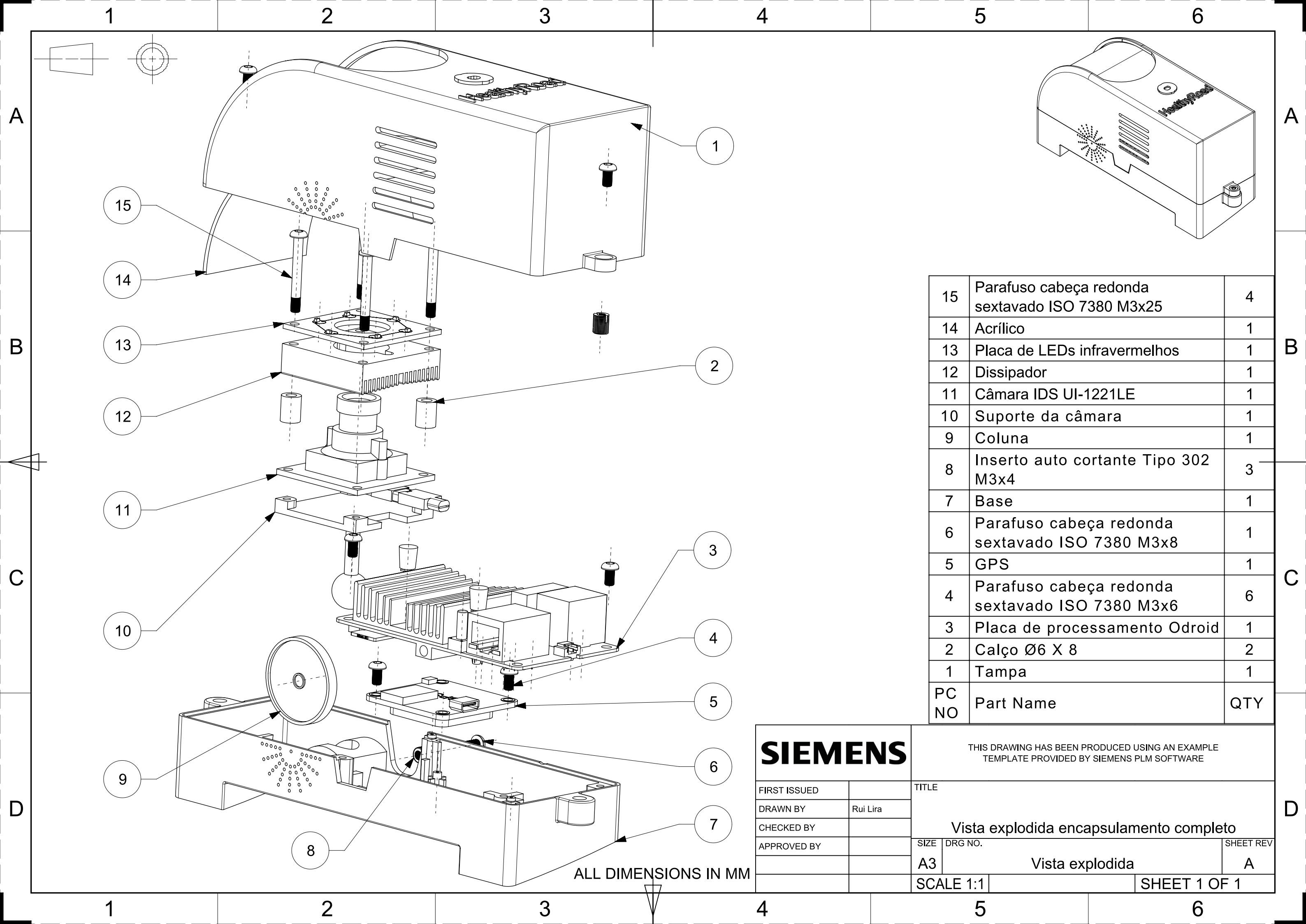
ANEXO B: Comparação de impressoras 3D que respeitam as restrições impostas

	Robo 3D	Printrbot	Dremel 3D	DaVinci 1.1Plus	Felix 3.0	Ultimaker Original Plus
						
Volume de trabalho	254x228.6x203.2	254x254x254	230x150x140	200x200x200	250x205x230	210x210x205
Materiais para impressão	ABS/PLA	ABS/PLA	PLA	ABS/PLA	ABS, PETG, PET, HIPS, PVA, Náilon, Madeira, Bronze	ABS, PLA, XT, Náilon
Ø Filamento	1.75mm	1.75mm	1.75mm	1.75mm	1.75mm	2.85mm
Resolução	100 Microns	100 Microns	100 Microns	100 Microns	50 Microns	20 Microns
Garantia	6 Meses	3 Meses	1 Ano	1 Ano	1 Ano	1 Ano
Base Aquecida	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Velocidade de impressão	50mm/s	80mm/s	100mm/s	150mm/s	150mm/s	300mm/s
Impressão sem Computador	SD Card	SD Card	SD Card	WIFI	MicroSD	SD Card

ANEXO C: Lista de material necessário para a montagem dos encapsulamentos

	7-Parafusos ISO 7380 M2 X 6 1 – Inserto 302 M2 x 3 x Ø ext 4 mm
	1-Porca Din 970 – ISO 4032 – M4, (s =7) 1 – Parafuso ISO 7380 M5 x 20
	-----
	2 – Parafusos ISO 7380 M3 x 6 1 –x Ø ext 5 mm 4 – Parafusos M3 x 28 1- Parafuso sem Cabeça com Sextavado Interno – DIN 916 – M3 X 6 1 – Inserto 302 M3 x 4 x Ø ext 5 mm
	2 – Parafusos ISO 7380 M3 x 6 2 – Parafusos ISO 7380 M3 x 25 1- Parafuso sem Cabeça com Sextavado Interno – DIN 916 – M3 X 5 1 – Inserto 302 M3 x 3 x Ø ext 5 mm
	2 – Insertos 302 M3 x 6 x Ø ext 5 mm 8 – Parafusos ISO 7380 M3 x 6
	3 – Insertos 302 M3 x 6 x Ø ext 5 mm 6 – Parafusos ISO 7380 M3 x 6 1 – Parafusos ISO 7380 M3 x 8 4 – Parafusos ISO 7380 M3 x 25

APÊNDICES: Desenhos técnicos dos encapsulamentos e moldes desenvolvidos

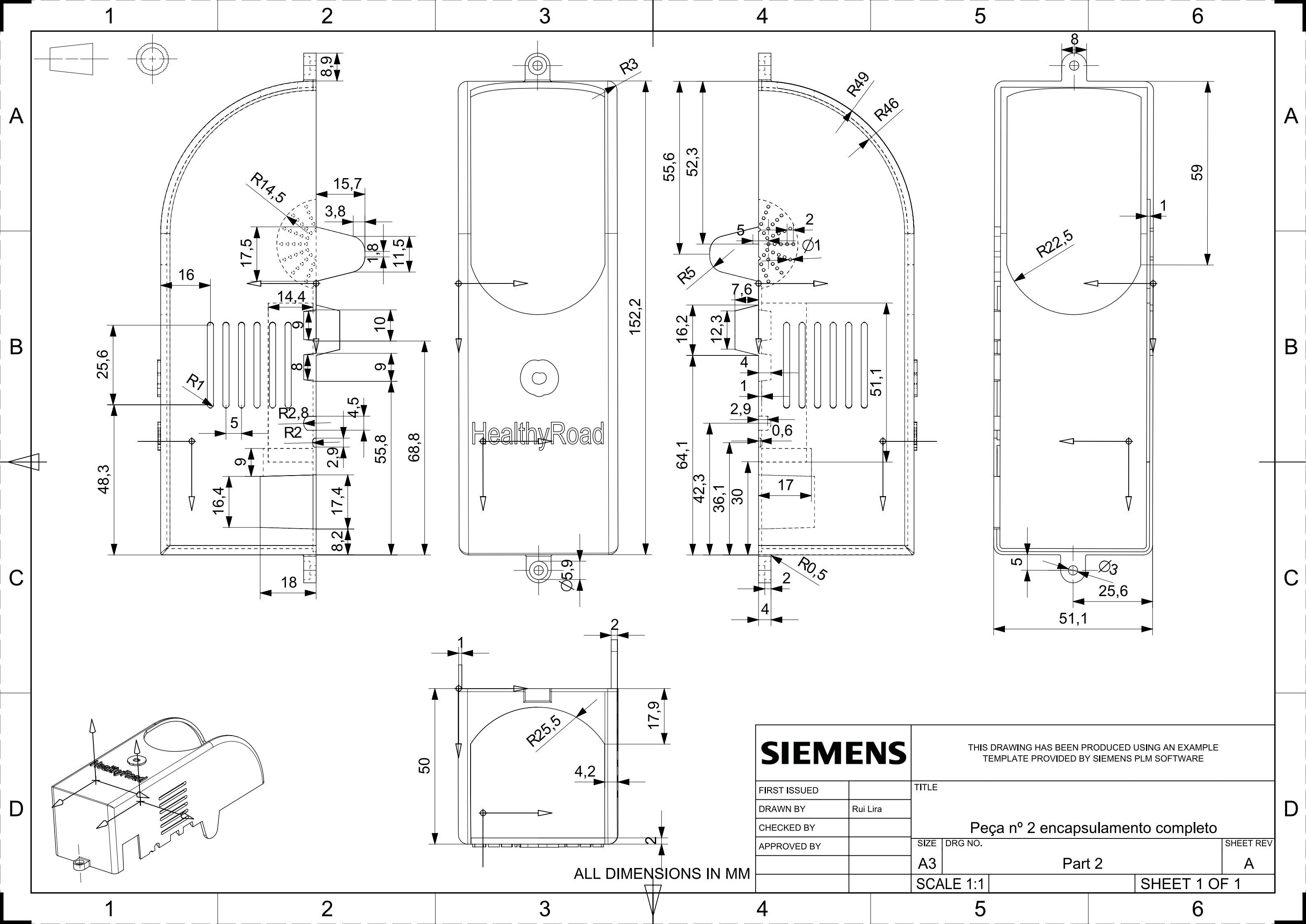


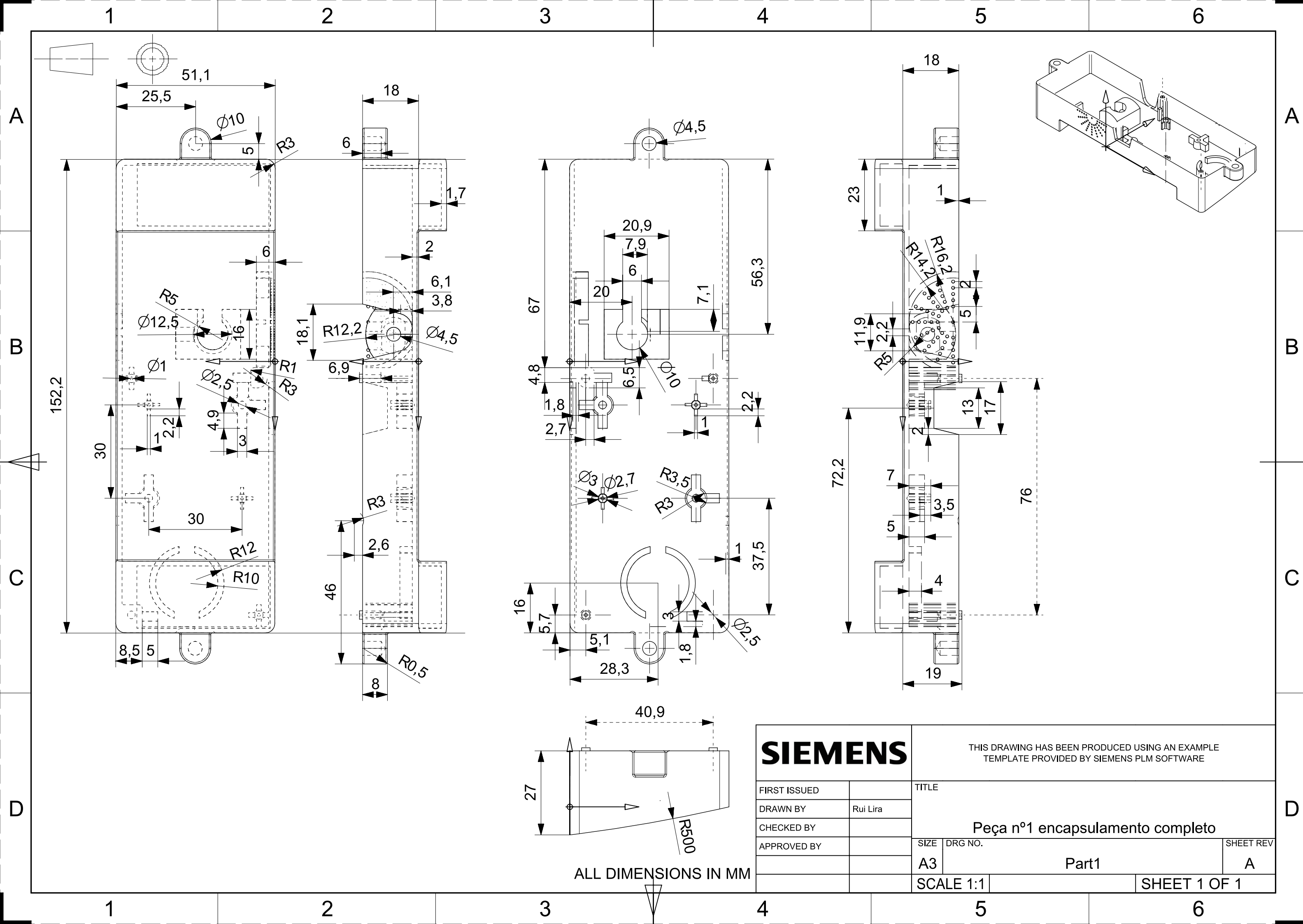
15	Parafuso cabeça redonda sextavado ISO 7380 M3x25	4
14	Acrílico	1
13	Placa de LEDs infravermelhos	1
12	Dissipador	1
11	Câmara IDS UI-1221LE	1
10	Suporte da câmara	1
9	Coluna	1
8	Inserto auto cortante Tipo 302 M3x4	3
7	Base	1
6	Parafuso cabeça redonda sextavado ISO 7380 M3x8	1
5	GPS	1
4	Parafuso cabeça redonda sextavado ISO 7380 M3x6	6
3	Placa de processamento Odroid	1
2	Calço Ø6 X 8	2
1	Tampa	1
PC NO	Part Name	QTY

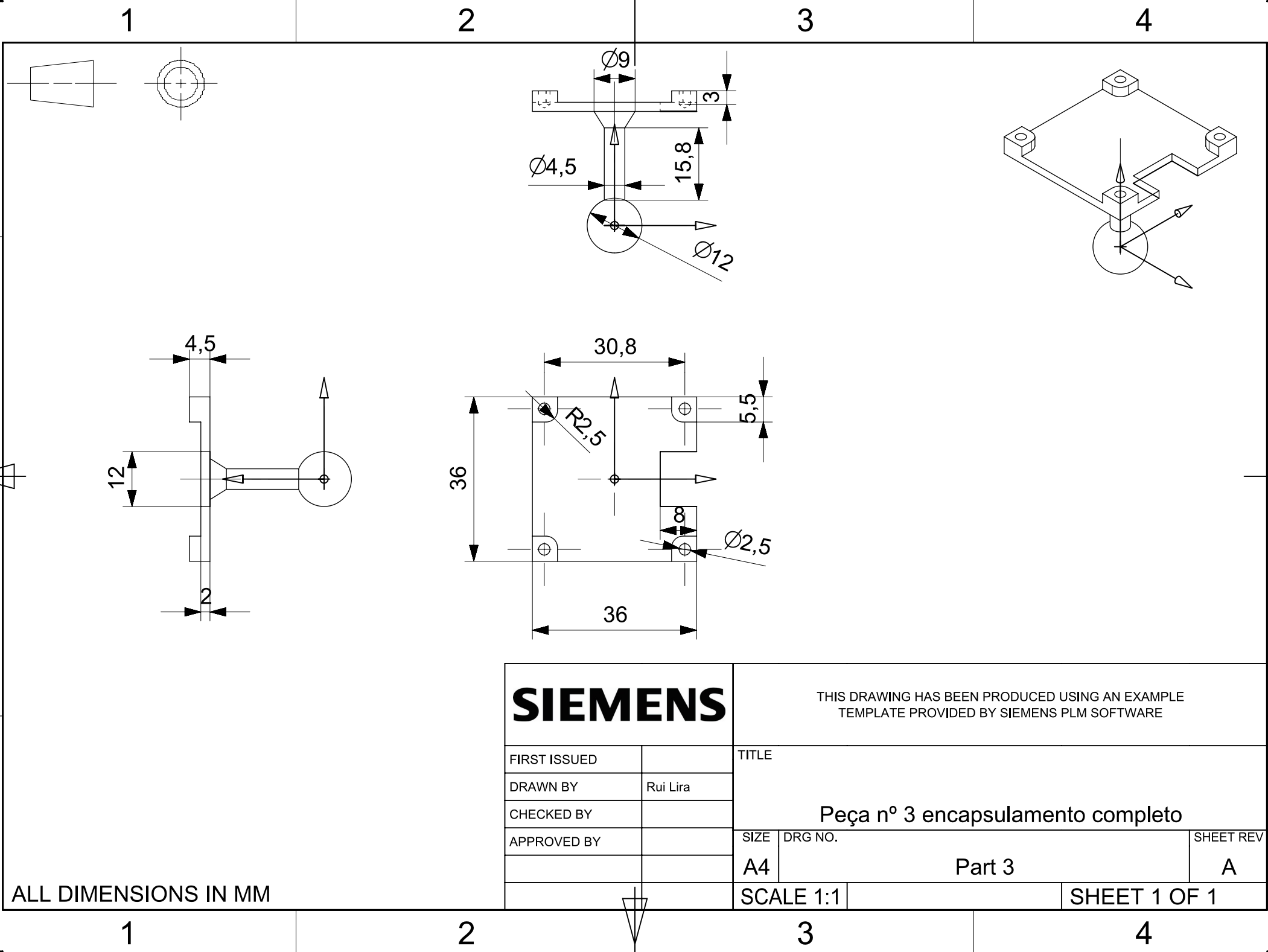
SIEMENS

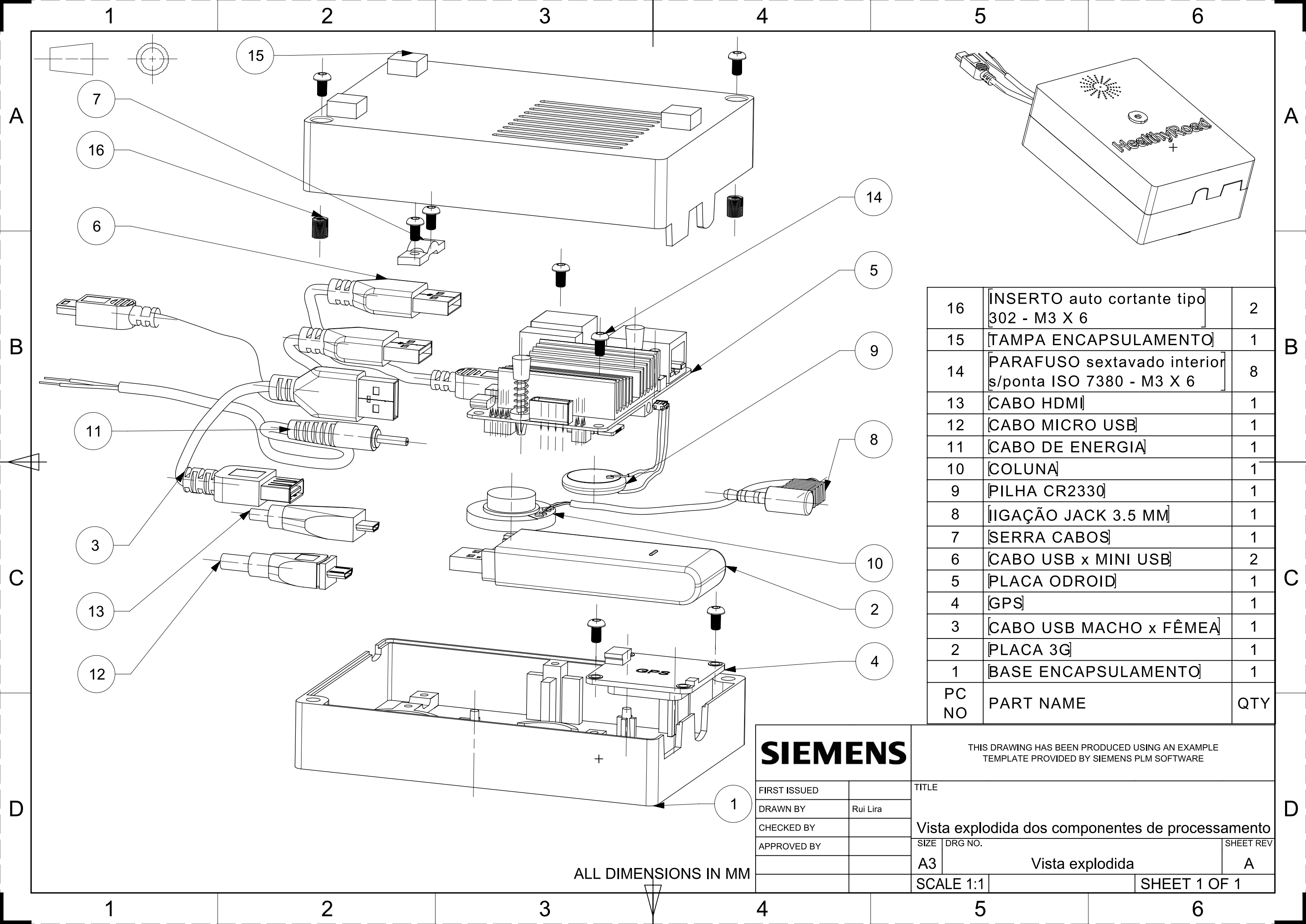
FIRST ISSUED	
DRAWN BY	Rui Lira
CHECKED BY	
APPROVED BY	

TITLE	
Vista explodida encapsulamento completo	
SIZE	DRG NO.
A3	Vista explodida
SCALE 1:1	SHEET 1 OF 1





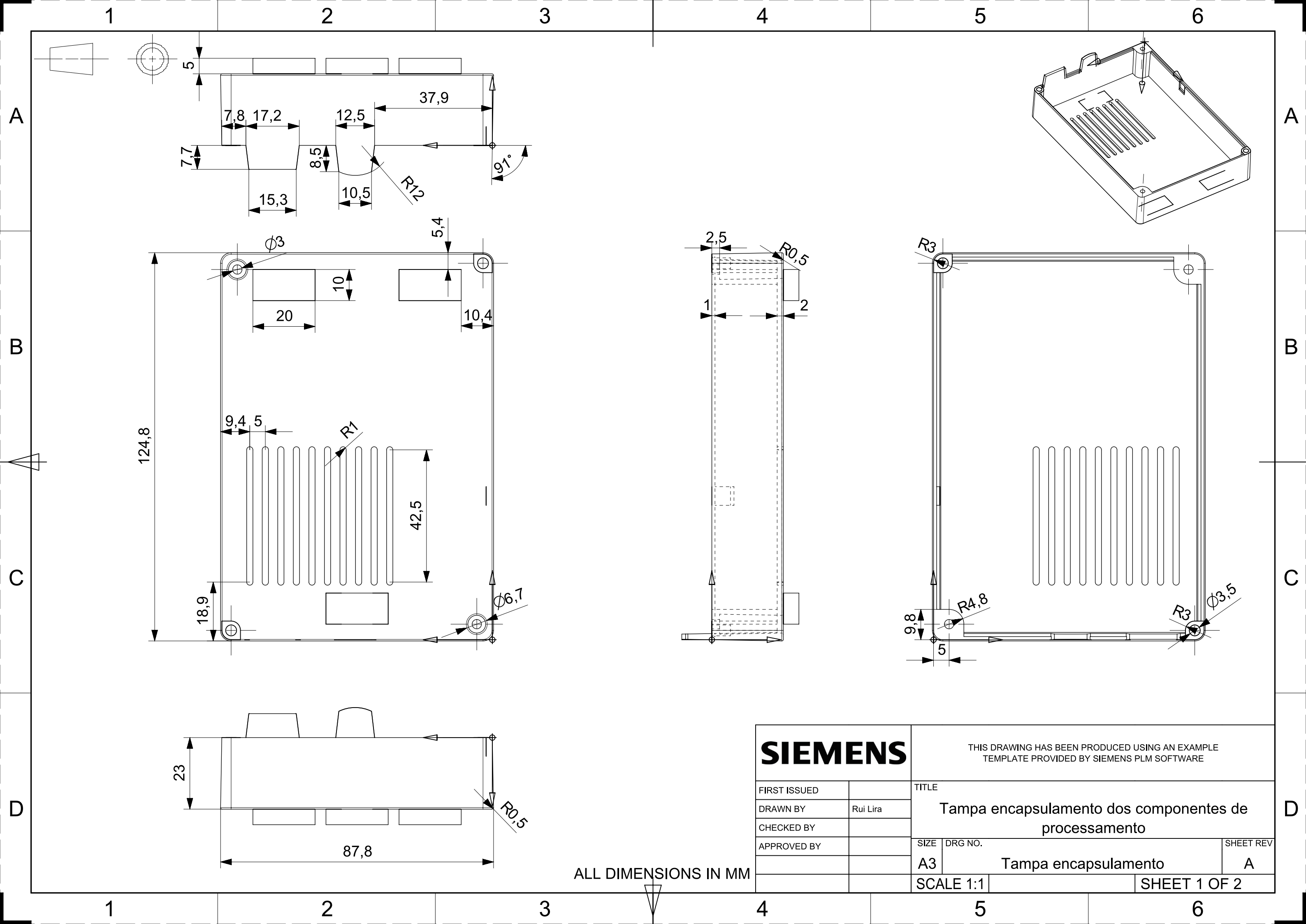




16	INSERTO auto cortante tipo 302 - M3 X 6	2
15	TAMPA ENCAPSULAMENTO	1
14	PARAFUSO sextavado interior s/ponta ISO 7380 - M3 X 6	8
13	CABO HDMI	1
12	CABO MICRO USB	1
11	CABO DE ENERGIA	1
10	COLUNA	1
9	PILHA CR2330	1
8	IIGAÇÃO JACK 3.5 MM	1
7	SERRA CABOS	1
6	CABO USB x MINI USB	2
5	PLACA ODROID	1
4	GPS	1
3	CABO USB MACHO x FÊMEA	1
2	PLACA 3G	1
1	BASE ENCAPSULAMENTO	1
PC NO	PART NAME	QTY

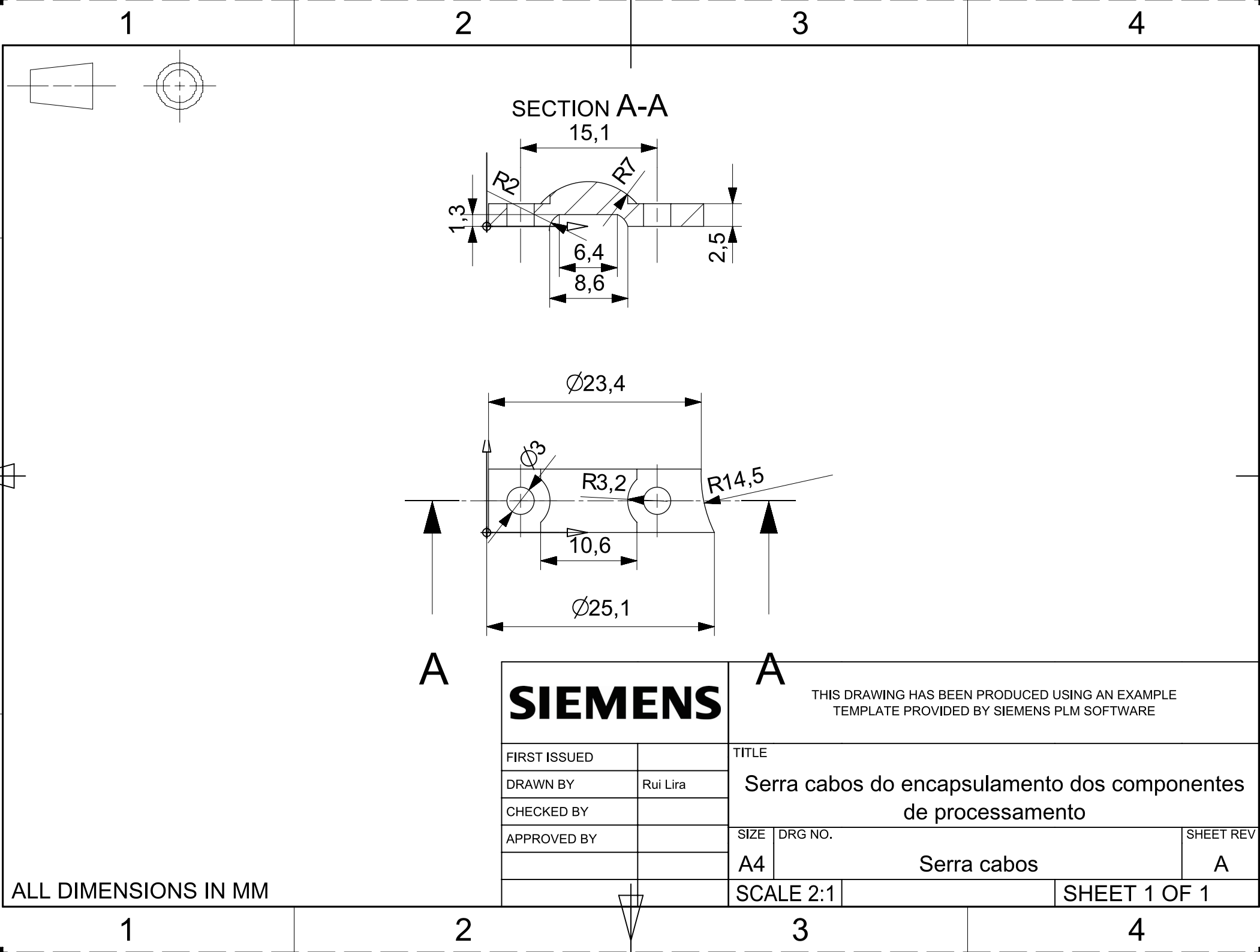
SIEMENS		THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE		
FIRST ISSUED		TITLE		
DRAWN BY	Rui Lira			
CHECKED BY		Vista explodida dos componentes de processamento		
APPROVED BY		SIZE	DRG NO.	SHEET REV
		A3	Vista explodida	A
		SCALE 1:1	SHEET 1 OF 1	

ALL DIMENSIONS IN MM



SIEMENS		THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE		
FIRST ISSUED		TITLE Tampa encapsulamento dos componentes de processamento		
DRAWN BY	Rui Lira			
CHECKED BY				
APPROVED BY		SIZE	DRG NO.	SHEET REV
		A3	Tampa encapsulamento	A
		SCALE 1:1	SHEET 1 OF 2	

ALL DIMENSIONS IN MM



1

2

3

4

A

B

C

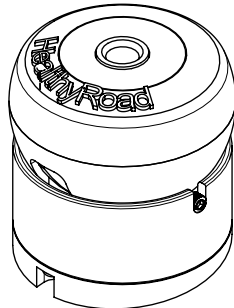
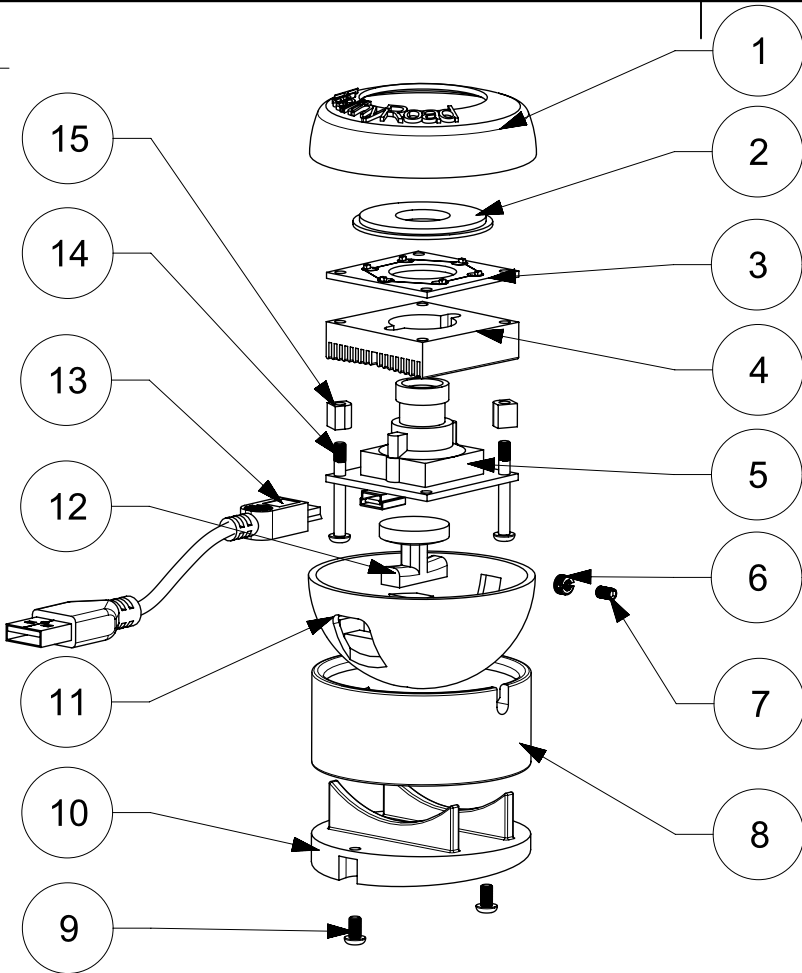
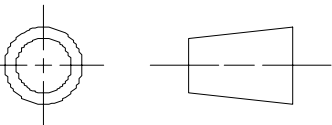
D

A

B

C

D



ALL DIMENSIONS IN MM

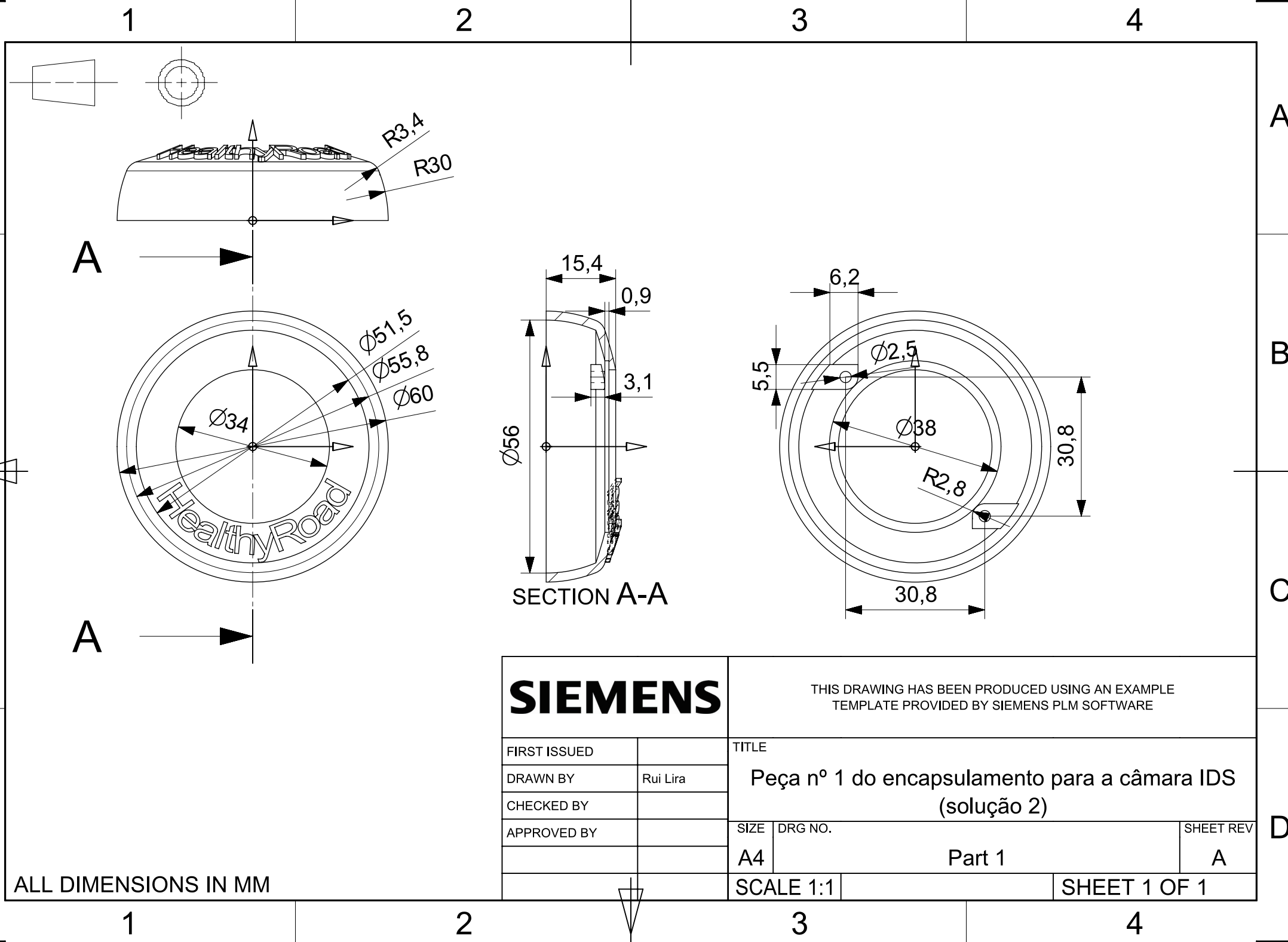
15	Calço	2
14	Parafuso cabeça redonda sextavado ISO 7380 M3x25	2
13	Cabo USB x Mini USB	1
12	Mecanismo de ajuste	1
11	Suporte da câmara	1
10	Tampa da base	1
9	Parafuso cabeça redonda sextavado ISO 7380 M3x6	2
8	Base	1
7	Perno com Sextavado interior S/Ponta Din 913 M3x5	1
6	Inserto auto cortante Tipo 302 M3x4	1
5	Câmara IDS UI-1221LE	1
4	Dissipador	1
3	Placa de Leds Infravermelhos	1
2	Acrílico	1
1	Tampa	1
PC NO	Part Name	QTY

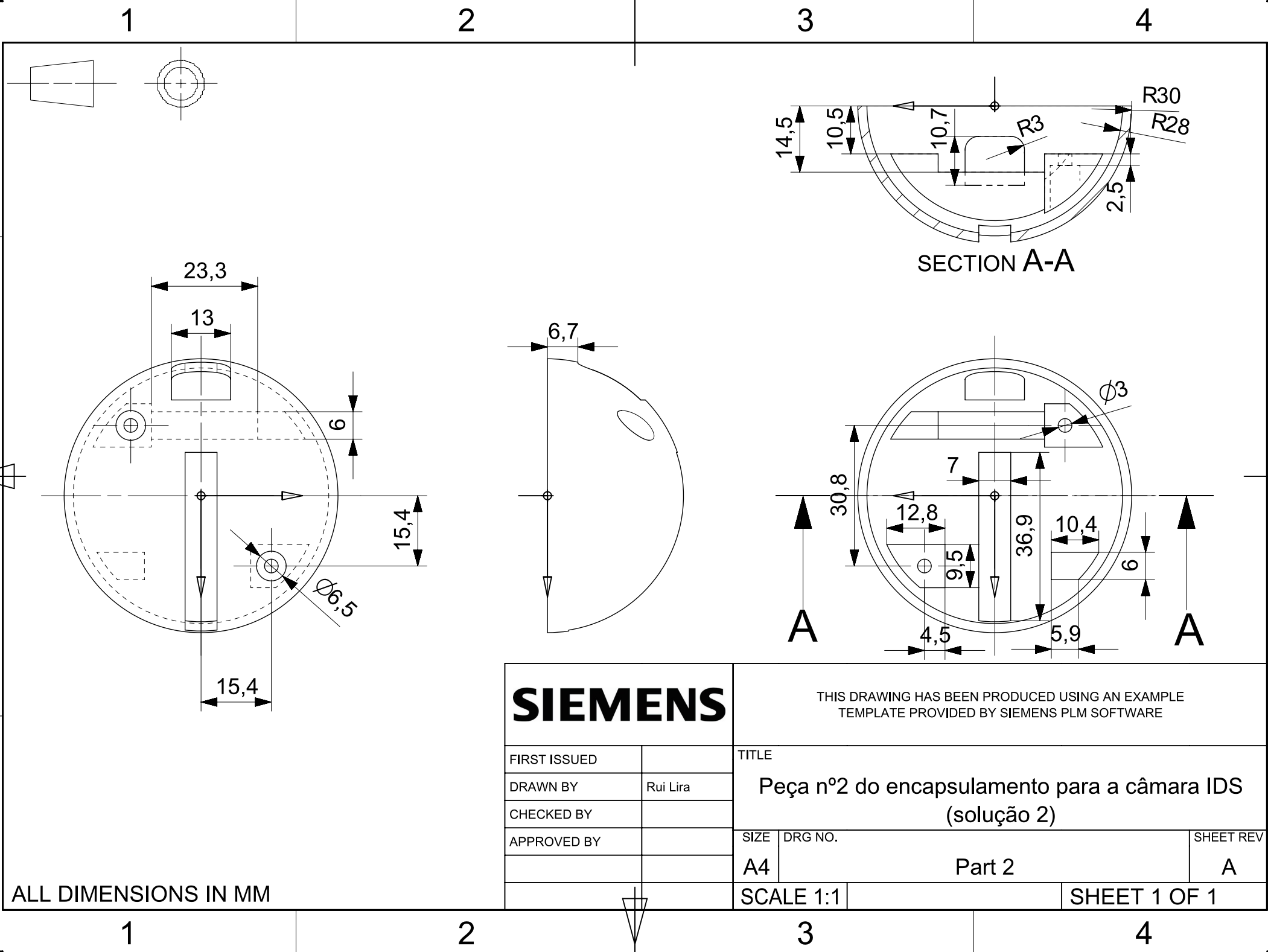
SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	
DRAWN BY	Rui Lira
CHECKED BY	
APPROVED BY	

TITLE		
Vista explodida do encapsulamento para a câmara IDS (solução 2)		
SIZE	DRG NO.	SHEET REV
A4	Assembly	A
SCALE 1:2	SHEET 1 OF 1	





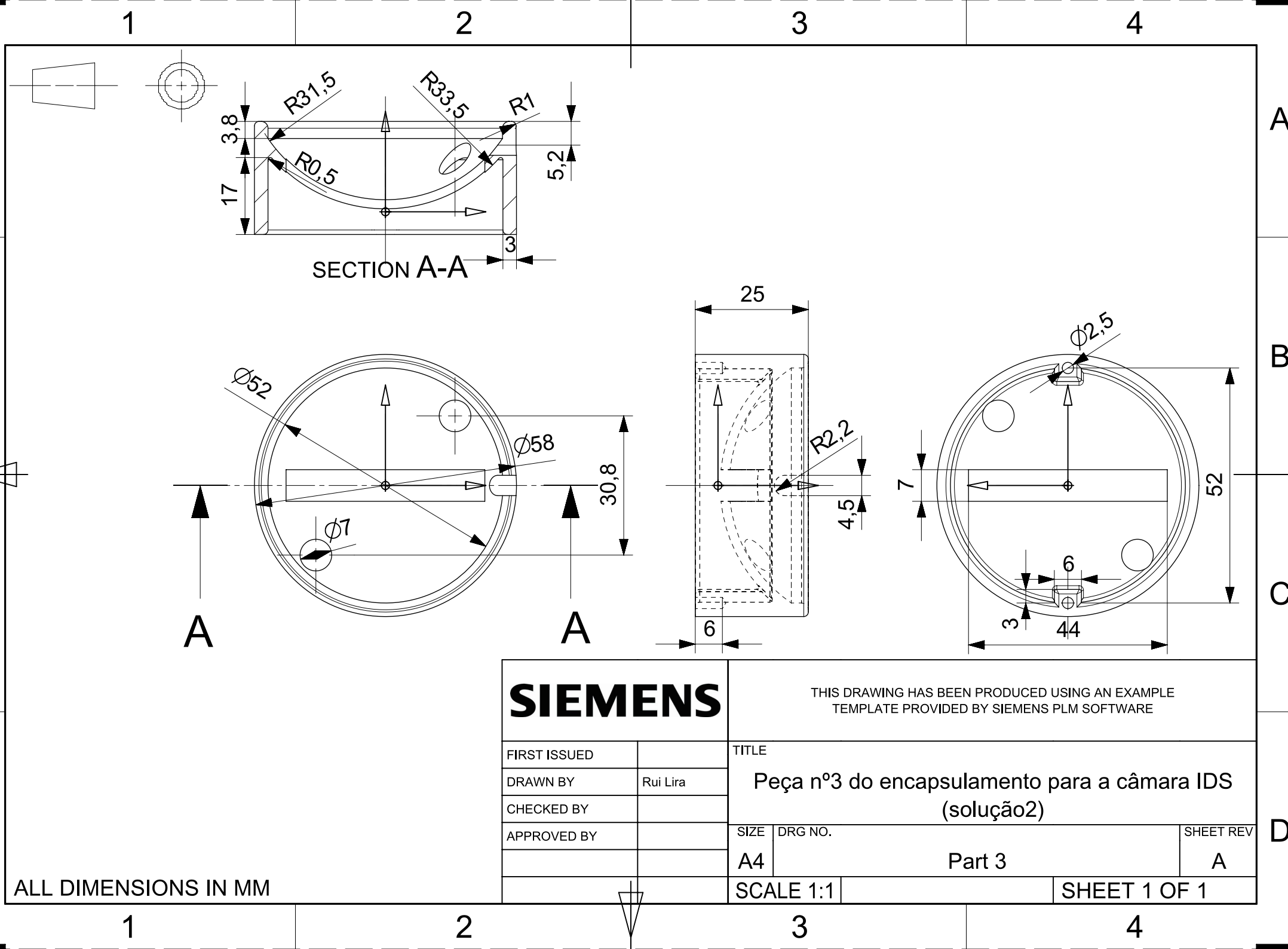
SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	
DRAWN BY	Rui Lira
CHECKED BY	
APPROVED BY	

TITLE		
Peça nº2 do encapsulamento para a câmara IDS (solução 2)		
SIZE	DRG NO.	SHEET REV
A4	Part 2	A
SCALE 1:1		SHEET 1 OF 1

ALL DIMENSIONS IN MM



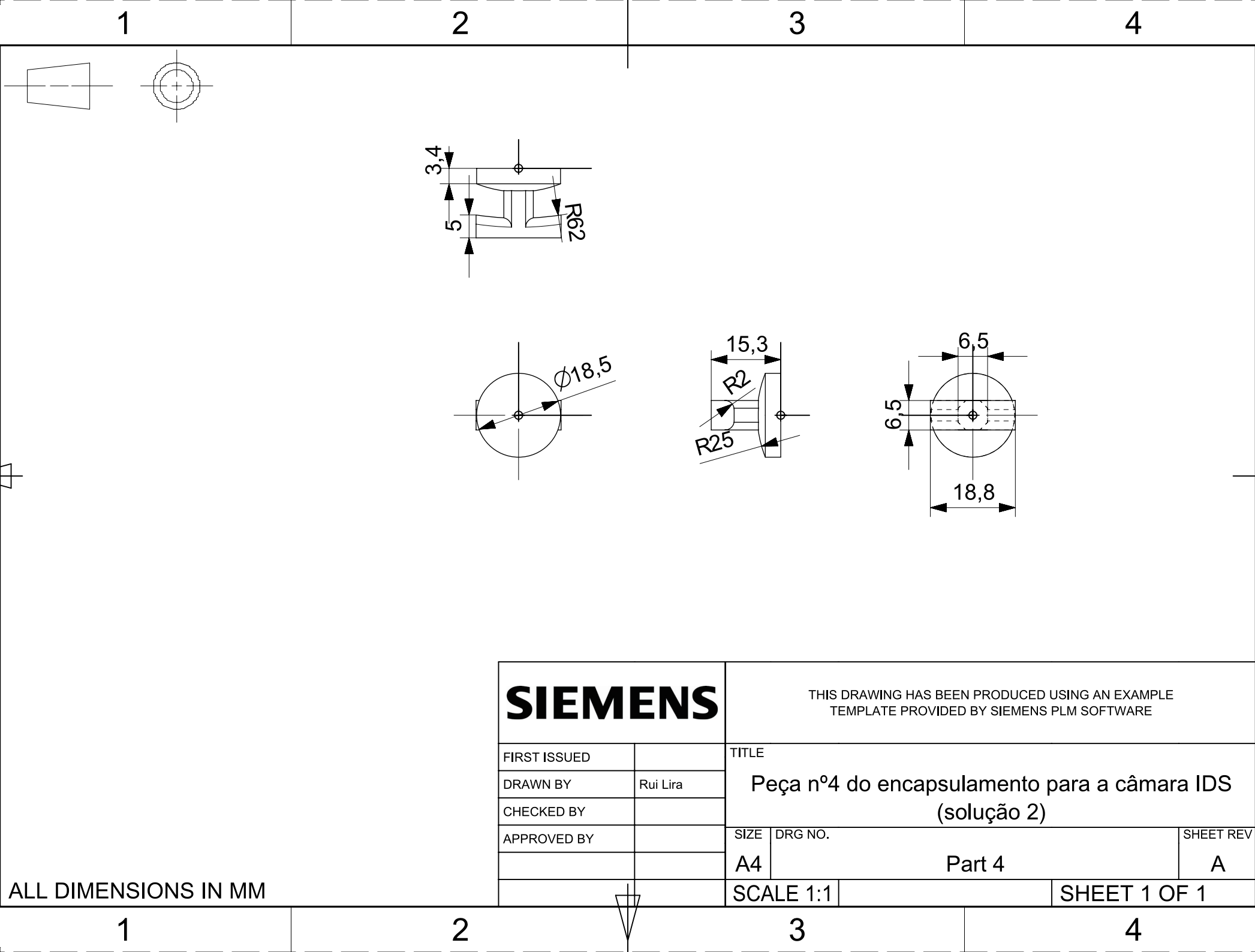
SIEMENS

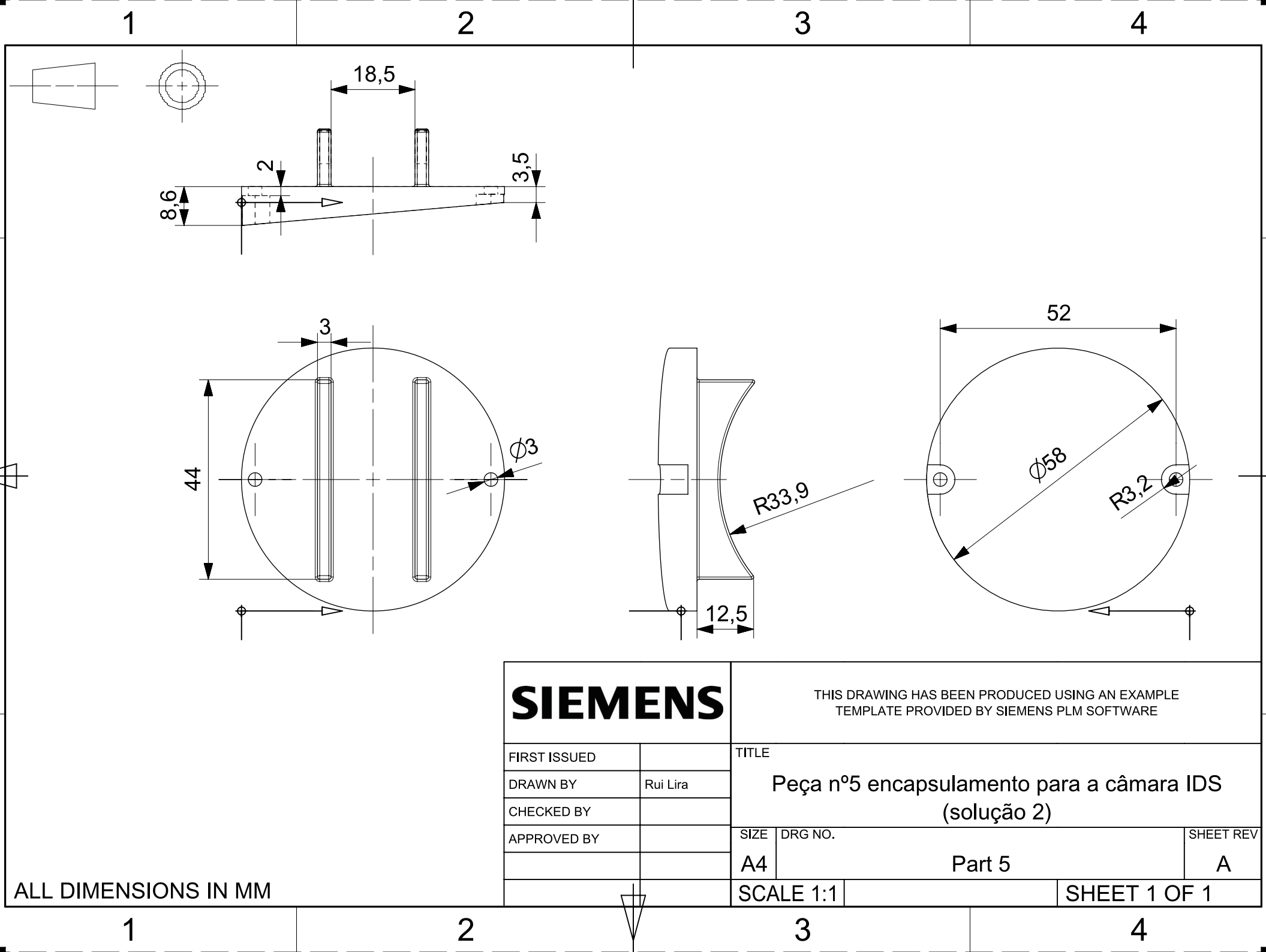
THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	
DRAWN BY	Rui Lira
CHECKED BY	
APPROVED BY	

TITLE			
Peça nº3 do encapsulamento para a câmara IDS (solução2)			
SIZE	DRG NO.		SHEET REV
A4	Part 3		A
SCALE 1:1		SHEET 1 OF 1	

ALL DIMENSIONS IN MM





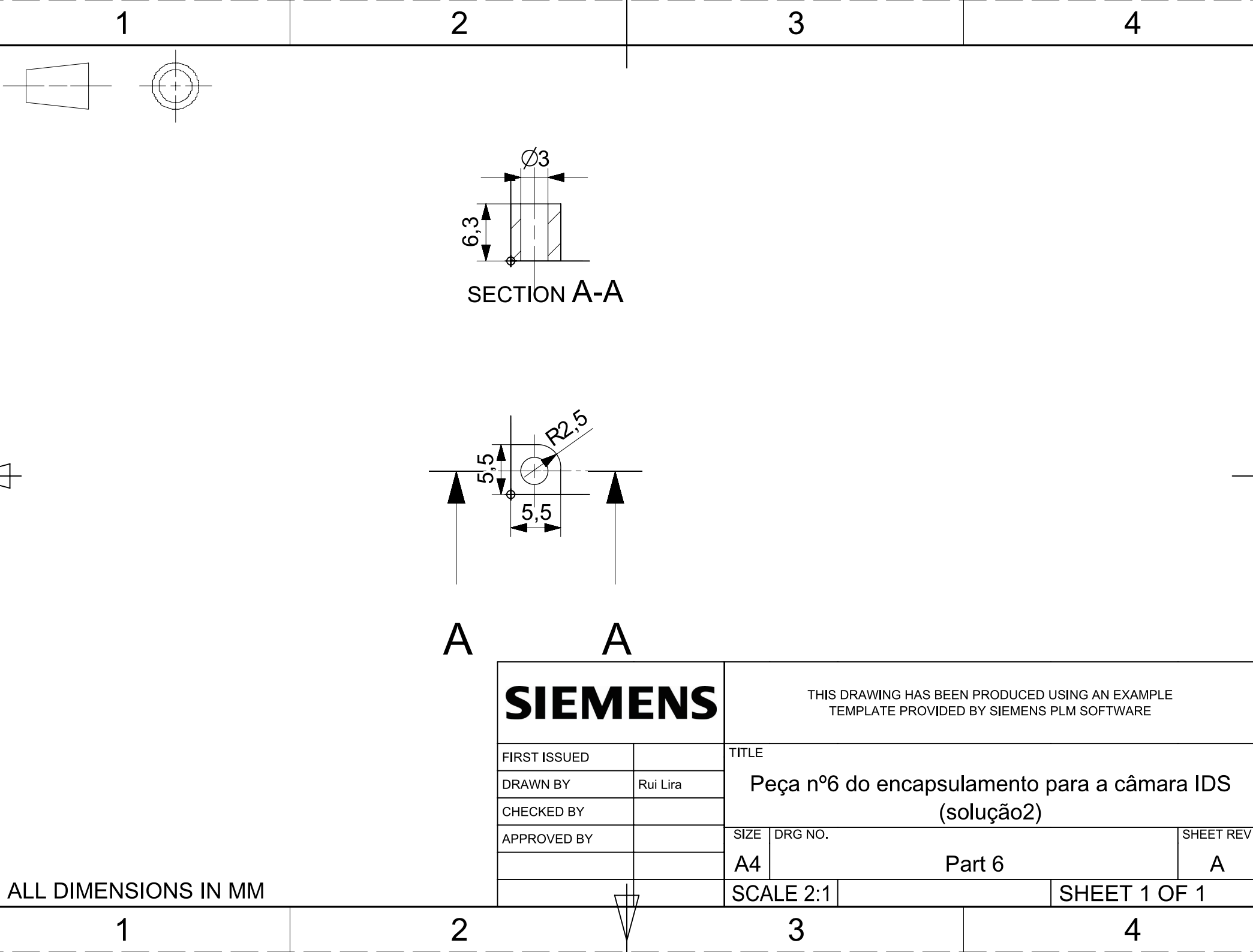
SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	
DRAWN BY	Rui Lira
CHECKED BY	
APPROVED BY	

TITLE		
Peça nº5 encapsulamento para a câmara IDS (solução 2)		
SIZE	DRG NO.	SHEET REV
A4	Part 5	A
SCALE 1:1		SHEET 1 OF 1

ALL DIMENSIONS IN MM



SIEMENS

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE
TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE

FIRST ISSUED	
DRAWN BY	Rui Lira
CHECKED BY	
APPROVED BY	

TITLE			
Peça nº6 do encapsulamento para a câmara IDS (solução2)			
SIZE	DRG NO.		SHEET REV
A4	Part 6		A
SCALE 2:1			SHEET 1 OF 1

ALL DIMENSIONS IN MM

