



**Ana Catarina  
Monteiro Costa**

**Aplicação de estruturas flexíveis em  
madeira em projecto de um produto de  
mobiliário**



**Ana Catarina  
Monteiro Costa**

**Aplicação de estruturas flexíveis em  
madeira em projecto de um produto de  
mobiliário**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Design de Produto, realizada sob a orientação científica da Doutora Maria de Fátima Teixeira Pombo, Professora Associada com Agregação do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro e do Doutor António Manuel de Bastos Pereira do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.



## **o júri**

presidente

**Prof. Doutor Gonçalo João Ribeiro Gomes**  
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

arguente

**Doutor Francisco José Gomes da Silva**  
Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia do Porto

**Prof. Doutora Soraia Luísa Pereira Pinto Ala**  
Professora Adjunta da Universidade de Aveiro

orientadora

**Prof. Doutora Maria de Fátima Teixeira Pombo**  
Professora Associada com Agregação da Universidade de Aveiro



## **agradecimentos**

A toda a minha família, em especial à minha mãe pelo apoio incondicional durante todo este percurso e por acreditar em mim.

Um agradecimento muito especial ao Rui Marques, por todo o apoio e ajuda no decorrer deste mestrado e por estar sempre a meu lado.

Aos meus orientadores Professora Fátima Pombo e Professor António Bastos, pelas discussões das ideias, conceitos e projecto e pela disponibilidade, paciência e apoio, pois não seria possível sem eles.

Aos meus amigos e colegas com quem trabalhei e que me ajudaram no decorrer do desenvolvimento desta dissertação e que fizeram com que a passagem por este mestrado fosse mais fácil.



**palavras-chave**

Design de produto; mobiliário; madeira; tecnologia; estruturas flexíveis

**resumo**

A presente dissertação tem uma base projectual que tem como objectivo o estudo e aplicação de estruturas flexíveis em madeira em design de mobiliário. O desenvolvimento de processos para tornar a madeira maleável veio abrir novas possibilidades de utilização deste material. Embora estas estruturas tenham aplicações limitadas, o seu potencial pode ser elevado, e neste contexto foi realizada uma exploração sobre a madeira, as estruturas flexíveis existentes e o seu processo e funcionamento. Com base no estudo elaborado, e com a finalidade de dar novas aplicações a estruturas flexíveis de madeira, foi proposto um projecto de uma estante multifuncional com cadeira e mesas retrácteis. Desta forma, o produto torna-se ideal para a aplicação e utilização em espaços pequenos.



**key words**

Product design; furniture; wood; technology; flexible structures

**abstract**

The present dissertation has a project basis that aims to study and apply flexible wooden structures in furniture design. The development of processes that make a raw material like malleable wood has created new possibilities for its applications. Although these wooden structures still have limited applications, they have great potential. For this purpose, a research has been carried out regarding this raw material, the existing flexible structures but also their process and how they operate. With this methodology, in order to give new applications to flexible wooden structures, a project of a multifunctional bookcase with a retractable chair and table is proposed. The flexible properties applied to this material make the product ideal for many applications especially in small spaces.



## Índice

### PARTE I – CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA

1 - Introdução.....	3
2 - O Design e a Evolução Tecnológica.....	5
2.1 - Estado da Arte.....	5
2.2 - Estruturas Flexíveis.....	9
2.2.1 - Elasticidade nos materiais.....	9
2.2.1.1 - Teoria da Elasticidade.....	9
2.2.2 - Tipos de estruturas existentes.....	12
2.2.2.1 - Técnicas Utilizadas.....	14
2.2.3 - Casos projectuais de estruturas flexíveis.....	15
2.2.3.1 - A Empresa DUKTA.....	15
2.2.3.2 - A Empresa Wood-Skin.....	17
2.2.3.3 - O Projecto de Andreas Bastian.....	18
2.2.3.4 - O Projecto de Aaron Porterfield.....	19
2.2.3.5 - O Projecto Flex Pavillion.....	22
2.3 - A Madeira.....	23
2.3.1 - Madeira e Derivados.....	23
2.3.2 - Propriedades da madeira.....	25
2.3.3 - Processamento da madeira.....	27
2.3.4 - Aplicações.....	28
2.3.5 - A madeira no mobiliário.....	30
2.3.6- Preocupações ambientais.....	32

### PARTE II – PROJECTO

3.1 - Introdução ao Projecto.....	37
3.1.1 - Decomposição do problema.....	37
3.1.2 - Identificação de Oportunidade .....	50
3.1.3 - Perfil do Utilizador.....	50
3.2 - Proposta de Projecto: Brief.....	51
3.2.1 - Funcionamento e objectivos.....	51
3.3 - Análise ergonómica e antropométrica.....	52

3.4 – Definição dos requisitos.....	58
3.5 – Materiais e experimentação.....	58
3.6 – Projecto de conceito.....	65
3.6.1 – Geração de conceitos.....	65
3.6.2 – Selecção de conceito .....	69
3.6.3 – Exploração do conceito seleccionado.....	73
3.6.4 – Proposta conceptual final.....	83
3.7 – Projecto de detalhe.....	83
3.7.1 – Aperfeiçoamento dos sistemas criados.....	83
3.7.2 – Prototipagem virtual final: CAD 3D.....	90
3.8 – Apresentação do produto - WoodFlex.....	92
3.8.1 – Considerações gerais.....	92
3.8.2 – Pormenores técnicos.....	96
3.8.3 – Escala Humana.....	97
3.8.4 – Contexto de uso.....	100
4 – Considerações finais.....	104
Referências Bibliográficas.....	108
Índice de Figuras.....	116
Índice de Tabelas.....	121
Anexos.....	123

Esta página foi deixada intencionalmente em branco



# I. Contextualização Teórica



# 1 - Introdução

Ao longo dos últimos anos têm aparecido várias formas e processos de fabrico que tornam a madeira maleável, como é o exemplo do processo da Dukta, uma empresa suíça que utiliza padrões de corte no material para lhe conferir flexibilidade, ou do projecto da cadeira Rombo do designer J.C. Karich que utiliza uma junção de madeira e polímeros que torna o objecto formalmente adaptável (site Dukta, s.d.)e (Karich, 2013). Embora a sua utilização esteja limitada, na sua maioria, a revestimentos e divisórias, o aparecimento destas estruturas flexíveis em madeira abriu caminho para a exploração das suas potencialidades e de novas aplicações.

A madeira é um material que sempre teve notoriedade em várias áreas pela sua grande variedade de aplicações, nomeadamente no mobiliário. Para além das suas propriedades mecânicas e estéticas, é um material natural e renovável, pelo que a sua escolha traz benefícios ambientais.

A questão de investigação deste trabalho é a seguinte:  
Como usar estruturas flexíveis em madeira em mobiliário?

O presente trabalho pretende assim levar o potencial destas estruturas mais longe, ao explorar uma das suas possíveis aplicações, combinando a ideia da flexibilidade da madeira com o design de produto. Sendo a madeira um material bastante utilizado na produção de mobiliário, é importante poder estudar e inovar os seus processos. Deste modo, o objectivo deste projecto é a exploração e aplicação de estruturas flexíveis em madeira no desenvolvimento de um produto de mobiliário.

A metodologia desta dissertação que tem uma base projectual, desdobra-se em duas fases, nomeadamente uma fase inicial de pesquisa e posteriormente, o desenvolvimento do projecto.

Foi decidido inicialmente que o objecto da fase projectual seria definido após a concretização da fase de pesquisa com base nos conhecimentos adquiridos, de modo a tomar a melhor decisão. Por esta razão, a fase de pesquisa tomou um carácter exploratório, pois o objectivo principal seria o desenvolvimento de familiaridade com o tema e a consolidação de conhecimentos que serviriam de auxílio à realização do projecto.

Nesta fase foi realizado um levantamento do estado da arte de modo a poder justificar o tema, compreender melhor a interacção entre o design e a tecnologia e também o que foi feito na área dos materiais flexíveis, assim como perceber o seu impacto na sociedade.

Com o estudo da arte e conhecimentos consolidados, foi assim possível decidir o rumo do projecto ao estabelecer o produto a ser desenvolvido.

Com o início da fase projectual, foi realizada uma análise de mercado de modo a perceber o tipo de produtos

desenvolvidos nesta área. Esta análise foi realizada a partir da definição de vários parâmetros para melhor caracterizar os projectos. Foram identificados os seguintes parâmetros: o seu material, processos, data, tipo de produto e razão de inspiração. Assim, foi possível perceber em que características estes produtos se distinguiam e como poderiam ser relevantes para o projecto, como por exemplo no estudo dos seus materiais e processos de fabrico.

Procedeu-se assim ao desenvolvimento do produto, estabelecendo-se requisitos e objectivos para o produto e de seguida realizaram-se os esboços e geração de conceitos. A realização de maquetes serviu como auxílio aos esboços e desta maneira foi possível iniciar a modelação 3D de modo a testar os sistemas mecânicos que foram criados para o produto.

Por fim foi realizado o projecto de detalhe e o desenvolvimento de pormenores no produto de forma a permitir que este possa estar próximo da produção.

Este documento está dividido em duas partes principais. A primeira parte é referente à contextualização teórica, que se divide em dois capítulos. O primeiro capítulo faz uma apresentação inicial do projecto e dos seus objectivos, assim como a sua abordagem metodológica. O segundo capítulo é referente ao Estado da Arte, que reúne toda a informação e pesquisa desenvolvida sobre o conteúdo da temática abordada que permitiu aprofundar os conhecimentos necessários à realização do projecto.

A segunda parte deste documento foca-se na componente prática da dissertação, onde é apresentado o desenvolvimento do projecto. Aqui é definido o produto a desenvolver, passando pela fase de exploração de conceitos e criação de sistemas para o produto final. Em último lugar, aborda as considerações finais do projecto, com uma análise dos resultados e propostas para o futuro.

Em relação às fontes das imagens, quando se lê "site" deve considerar-se o endereço web que aparece nas referências bibliográficas.

## 2 - O Design e a Evolução Tecnológica

### 2.1 - Estado da Arte

O design associa-se à evolução das tecnologias de fabrico, visto que o design de um produto tem de ter em conta os métodos de fabrico a serem utilizados e consequentemente, os seus limites. Com a evolução das técnicas de fabrico, principalmente depois do aparecimento das tecnologias de fabrico digital, os processos tornam-se cada vez mais variados e automáticos, dando uma maior liberdade criativa aos designers. Deste modo, o designer deve estar sempre a par das novas tecnologias tanto em termos de fabrico como do próprio material, também colaborando com o desenvolvimento de novas técnicas para aplicá-las no processo de inovação e criação de novos produtos.

A relação entre o design e a tecnologia tornou-se mais forte na época da revolução industrial nos séculos XVIII e XIX, pois os métodos de fabrico dos produtos sofreram uma mudança drástica. A introdução de máquinas-ferramentas nos processos de fabrico tornou a produção padronizada e em massa, em contraste com os produtos criados artesanalmente um a um. Devido a este facto, a área do design teve de se adaptar a desenhar produtos para serem fabricados em grande escala, pensando não só na funcionalidade e utilizador, mas também no seu método de fabrico, utilizando as tecnologias emergentes a seu favor, isto tudo sem afectar a sua durabilidade e custos.

As necessidades e as exigências do consumidor vão mudando ao longo do tempo, o que estimula a evolução da tecnologia e do design de modo a responder às suas necessidades, assim sendo existe uma influência mútua na evolução destas duas áreas, pois tal como o design acompanha as tecnologias emergentes, surgem também novas tecnologias para responder às necessidades do design e por consequente, do consumidor.

Ao analisar um simples objecto como a cadeira, é nítida a influência de novas tecnologias da época na sua criação, tanto através do uso do material como do seu processo de fabrico, como ilustra a Figura 1. (Chang & King, 2016) e (site Impacta, s.d)

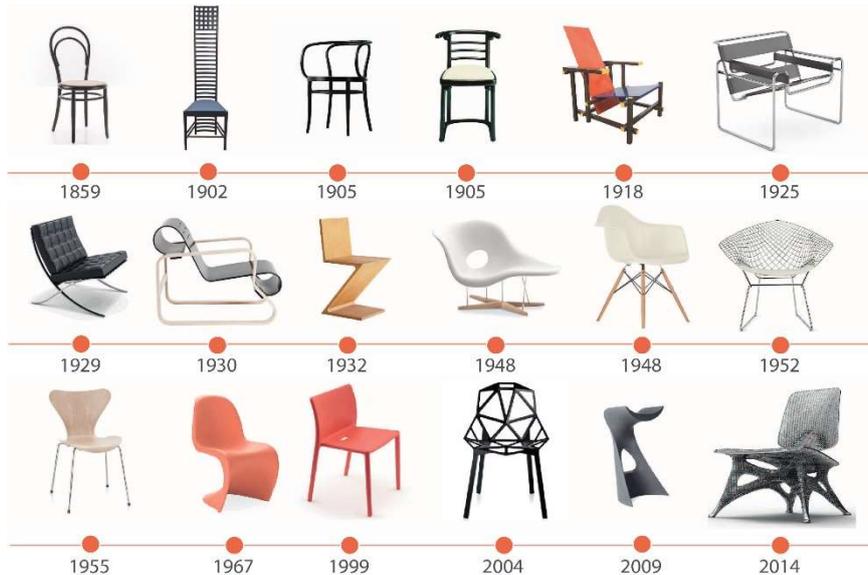


Figura 1: Vários modelos de cadeiras em diferentes materiais ©Montagem de Ana Costa

Dos múltiplos modelos de cadeiras, foram destacados seis exemplos que mostram como os avanços tecnológicos tiveram impacto no design.



**Thonet Chair N°14 (1859)** – Projectada por Michael Thonet, procurava criar uma cadeira que fosse facilmente produzida em massa e com um transporte e montagem mais simplificados. Foi o primeiro a utilizar um processo para dobrar madeira de modo a diminuir o número de peças necessárias, mas ao mesmo tempo criando uma peça bastante resistente. É um exemplo da criação de uma tecnologia para um design mais eficiente. (site Design Museum, s.d)

Figura 2: Thonet Chair N°14  
©<http://tiny.cc/7cidez>



Figura 3: Eames Molded Fiberglass Chair  
©<http://tiny.cc/2fjdez>

**Eames Molded Fiberglass Chair (1948)** – Charles Eames foi o designer desta cadeira que se destacou na sua época pela sua forma orgânica e processo de fabrico. Originalmente foi pensada para ser produzida em metal estampado, mas iria aumentar consideravelmente o preço, o que era o contrário do seu objectivo, pois queria uma peça que tivesse um custo baixo. Foi então que foi desenvolvida uma nova técnica que permitiu a cura de fibras de vidro à temperatura ambiente, sendo assim possível a produção desta cadeira em plástico reforçado. (Chang & King, 2016) e (Handler, 2010)



Figura 4: Air Chair ©(site Howarth,2014)

**Air Chair (1999)** – Desenhada por Jasper Morrison com um design minimalista e com o objectivo de utilizar o menor número de peças possível. Foi produzida com uma tecnologia recente na sua época, a injeção e moldação de polipropileno com gás permite que esta seja fabricada numa peça só. Este processo faz com que a cadeira seja sólida, leve e económica. (Howarth, 2014)



Figura 5: Chair\_One  
©<http://tiny.cc/7qjdez>

**Chair\_One (2004)** – Criada por Konstantin Grcic, trata-se de converter uma curva complexa num conjunto de planos. Projectada em software CAD, ainda novidade para a época na empresa, esta cadeira tira partido de uma tecnologia onde se utiliza alumínio fundido para moldar peças. A sua forma original, é derivada da simplificação da forma da cadeira normal, mantendo apenas os traços necessários para que a sua rigidez não seja afectada. Com uma aparência muito angular e recta, esta cadeira torna-se mais confortável do que aparenta. (site Magis, 2016)



Figura 6: Aluminium Gradient Chair  
©(site Laarman, 2014)

**Aluminum Gradient Chair (2014)** – Criada por Joris Laarman, o design desta cadeira traduz perfeitamente a tecnologia emergente dos dias de hoje, a impressão 3D e o design generativo. É gerada automaticamente pelo software para responder aos requisitos pedidos, como solidez, robustez e leveza e conseqüentemente produzida utilizando sinterização selectiva a laser com alumínio. A forma complexa de como a sua estrutura está construída faz com que esta cadeira utilize pouco material e seja leve, mas ao mesmo tempo mantenha a sua força estrutural e rigidez. (Laarman, 2014)

Estes são alguns dos muitos exemplos que ilustram a relação que existe na evolução do design com a tecnologia. Fora das tecnologias de fabrico, também a realidade virtual e simulações têm sido utilizadas em diversas áreas e são cada vez mais importantes nos dias de hoje, como na engenharia e no design de produto ou interiores, em que é possível testar o produto sem ser necessário colocar o projecto em prática. Foram criados também programas e ferramentas que permitem a realização de tarefas que antes não seriam possíveis, para melhorar e auxiliar os processos de criação e desenvolvimento do produto.

Num mercado tão saturado, há uma constante procura por soluções inovadoras. A união entre a tecnologia e o design permite assim a criação de produtos diferenciadores, pois o designer pode usar as características das tecnologias de produção a seu favor.

Técnicas como o corte a laser, impressão 3D, maquinagem, etc, já existem há algum tempo e as suas aplicações são vastas. Porém, recentemente surgiram formas de tornar flexíveis certos materiais rígidos, ao alterar a sua geometria ou composição. Isto traz inovação, versatilidade e criatividade ao mercado e tira partido das potencialidades destas técnicas.

## 2.2 – Estruturas Flexíveis

### 2.2.1 – Elasticidade nos materiais

#### 2.2.1.1 – Teoria da Elasticidade

Apresentam-se de seguida a descrição de conceitos base que são fundamentais para melhor entender a elasticidade nos materiais.

Para compreender a Teoria da Elasticidade, é necessário ter em conta os seguintes conceitos: (Ballester, 2017, pg 167-169) e (Oliveira, 2015)

O conceito de elasticidade é diferente de plasticidade.

**Elasticidade** – Propriedade que o material tem de se deformar com aplicação de forças e voltar à sua forma inicial sem sofrer deformações. Comportamento linear em que a deformação é directamente proporcional à tensão (Lei de Hooke:  $\sigma = E \cdot \epsilon$ )

**Plasticidade** – Ocorre após o limite elástico. O material apresenta deformações permanentes e não volta à sua forma inicial após a carga ser retirada. Apresenta comportamento não linear.

**Tensão** – Força aplicada por unidade de área. Força por unidade de superfície. É traduzida pela equação  $\sigma = FA$ .

**Deformação** – Mudança da estrutura física de um corpo (forma ou dimensão) após a aplicação de uma força externa. A deformação relativa é traduzida pela equação  $\epsilon = \Delta L / L$ , sendo que L significa a medida inicial e  $\Delta L$  é a diferença entre a dimensão inicial e a dimensão final depois da força ser aplicada (valor da deformação do material).

**Limite de elasticidade** – Limite de deformação que o material suporta antes de esta se tornar permanente.

**Resistência mecânica** – (compressão e tracção) tensão máxima que o material resiste sem entrar em ruptura.

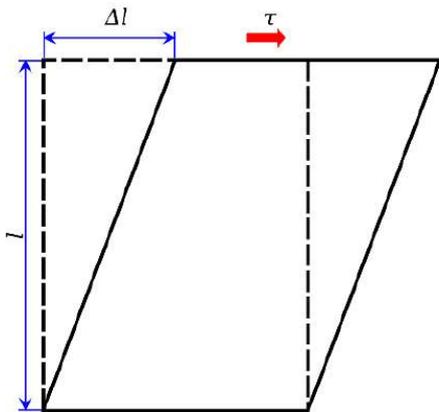


Figura 7: Cisalhamento  
 ©<http://tiny.cc/x1kdez>

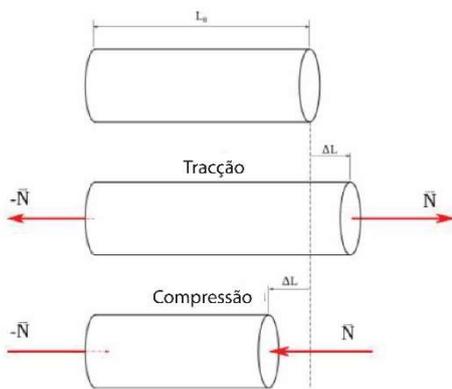


Figura 8: Tração e compressão ©Adaptado de  
<http://tiny.cc/w5kdez>

Tudo o que existe no universo é formado por átomos. A disposição e comportamento dos átomos e das suas ligações determinam o tipo de material que formam. Quanto mais fortes forem as ligações atômicas, menos elasticidade o material apresenta.

A teoria da elasticidade explica o comportamento da estrutura do material quando este é submetido a tensões. Podemos ver nas Figuras 7 e 8, alguns dos tipos de tensão existentes a que os materiais podem estar sujeitos, nomeadamente tração, compressão e cisalhamento.

A Figura 9 demonstra o Diagrama Tensão-Deformação que relaciona o nível de deformação relativa com a tensão e o seu resultado demonstra o comportamento do material desde a sua forma inicial até à ruptura. (Ballester, 2017) e (Teofilo, s.d.)

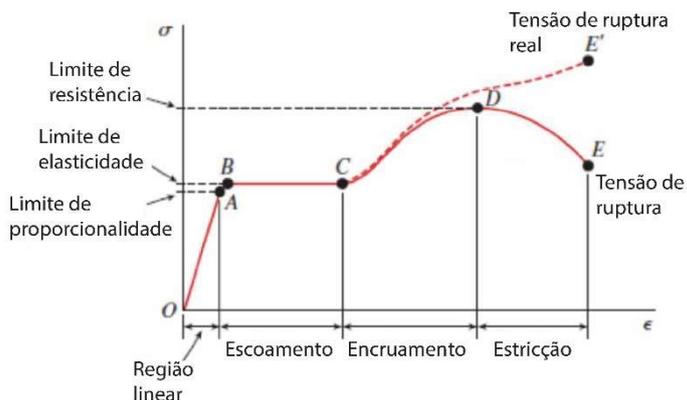


Figura 9: Diagrama Tensão – Deformação ©Adaptado de  
<http://tiny.cc/hwmdez>

Este gráfico ilustra todas as fases de elasticidade e plasticidade que um material apresenta depois de sujeito a tensão.

É possível verificar que na zona do comportamento linear, a tensão ( $\sigma$ ) é directamente proporcional à deformação ( $\epsilon$ ), pelo que representa a fase elástica do material, em que volta à sua forma original depois da tensão ser retirada. A tangente desta recta é dada pela equação  $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$ , sendo que esta representa o módulo de elasticidade ou “módulo de young”, apenas presente na fase elástica.

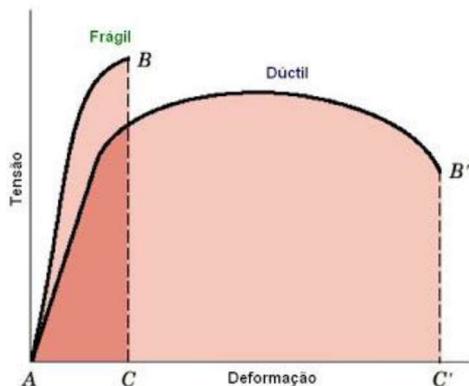


Figura 10: Diferença entre fragilidade e ductilidade @<http://bit.do/fcwrk>

Se a tensão não for retirada durante esta fase e continuar a aumentar, o material chega ao seu limite de elasticidade, ilustrado na figura como “Yield stress”. A partir deste ponto a deformação é permanente no material, e este passa a apresentar um comportamento plástico, sendo este não linear em contraste com o comportamento elástico.

Depois da deformação plástica, se a tensão continuar a aumentar, o material vai chegar ao seu limite de ruptura, onde vai ocorrer a fractura.

Este gráfico é variável consoante o tipo de material a ser testado, pois os materiais frágeis apresentam pouca deformação plástica, sendo que entram em ruptura mais facilmente que os materiais mais dúcteis, como se pode ilustrar na Figura 10. O nível de deformação plástica suportada por um material sem sofrer ruptura traduz-se na sua ductilidade. (Ballester, 2017) e (Teofilo, s.d.)

Podem ser feitos vários tipos de ensaios, nomeadamente à tracção, compressão, flexão e torção como ilustra a Figura 11. (Dowling, 2012, pg.119)

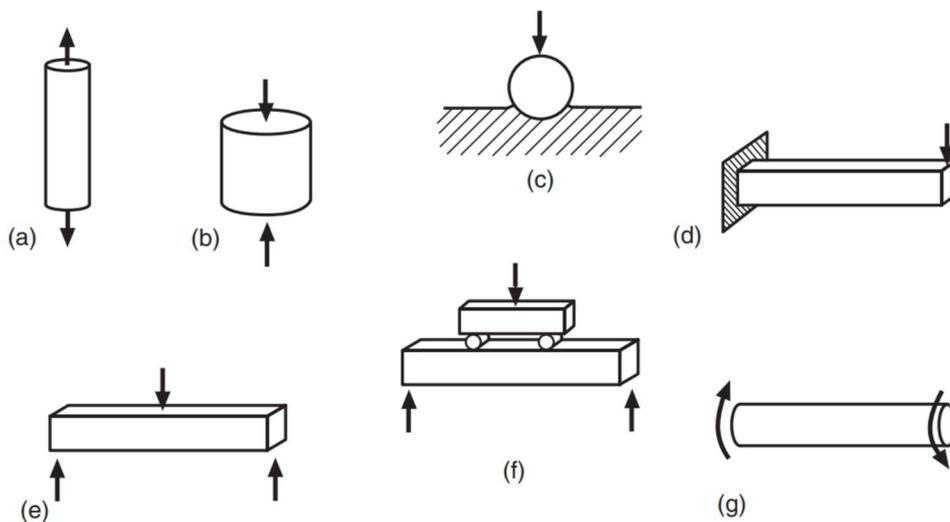


Figura 11: Ensaios: (a) tensão; (b) compressão; (c) teste de dureza; (d) “cantilever bending”; (e) flexão a três pontos; (f) flexão a quatro pontos; (g) torção ©(Dowling, 2012, pg.119)

## 2.2.2 – Tipos de estruturas existentes



Figura 12: Stone Rug - Dominik Raskin  
©(site Neira, 2015)

As estruturas flexíveis têm aparecido em diversos tipos de materiais e para diversos fins. Com a criação de compósitos, onde o objectivo é retirar as melhores propriedades de cada material, foram produzidos diversos materiais que juntam a rigidez com a flexibilidade.

Podemos ver esta combinação em alguns produtos como por exemplo os tapetes de pedra desenhados por Dominik Raskin, representado na Figura 12. Combina um material muito rígido, a pedra, com a fibra de vidro, ao utilizar uma camada muito fina de pedra com esta fibra sobre uma base de algodão, isto faz com que o material seja forte e durável, podendo ao mesmo tempo ser dobrado com efeitos geométricos bastante interessantes. (Neira, 2015)

Existem também projectos onde combinaram a madeira com polímeros de modo a criarem uma superfície flexível, como é o exemplo da cadeira Rombo do designer J.C. Karich representada na Figura 13 onde utiliza contraplacado com ligações de polímeros, isto faz com que o assento e as costas da cadeira sejam adaptáveis à forma do utilizador, esta cadeira tem a característica de não precisar de pregos ou parafusos. Outro exemplo desta técnica é a Flexible Holz Chair apresentada na Figura 14, criada por dois estudantes da Universidade de Berlim, que aplicam uma superfície de madeira com silicone no assento e costas da cadeira, fazendo com que estes sejam flexíveis. (Karich, 2013) e (Antonelli, 2012)



Figura 13: Rombo Chair - J.C. Karich  
©<http://bit.do/fcwL5>

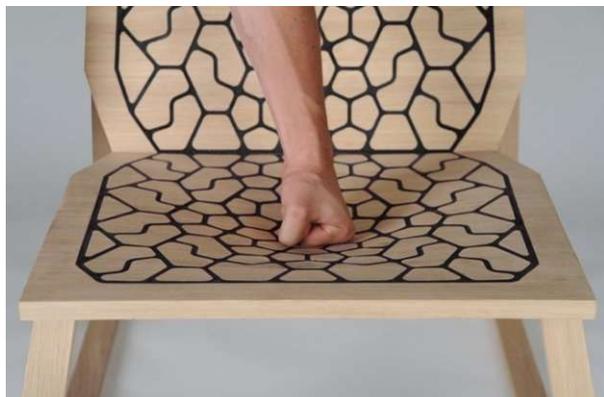


Figura 14: Flexible Holz Chair ©(site Antonelli, 2012)



Figura 15: BMW GINA  
©(site Designworks, 2008)

A BMW também criou algo bastante interessante nesta área, com o protótipo BMW GINA (Geometry and Functions In “N” Adaptations) onde desafiam os limites do design de automóveis. GINA tem uma filosofia diferente, onde deixa o material expressar-se naturalmente na sua estrutura, deixando de ser apenas um modelo. O objectivo é “integrar o potencial de novos materiais e de construções inovadoras e pioneiras no processo de design criativo, ao desafiar os métodos de fabrico e materiais existentes”. (site Designworks, 2008)

É incorporada uma pele/camada externa no modelo, criada a partir de uma cobertura têxtil flexível que se estende na sua estrutura interna móvel como se pode observar na Figura 15. Isto proporciona diferentes capacidades, pois permite fazer coisas que as estruturas rígidas não conseguem, como mover-se e adaptar-se, para além de ser mais leve, é feita de materiais que necessitam menos energia para serem produzidos que os metais. (site Designworks, 2008)

Estes tipos de estruturas podem também ser inspiradas pela arte japonesa do origami.

A NASA é uma empresa que desenvolveu um projecto que combina a engenharia com o origami, ao criar um painel solar desdobrável para naves espaciais. É bastante difícil e caro conseguir levar coisas para o espaço e, uma das vantagens do origami, é que permite compactar uma forma e reabri-la depois. Esta é a inspiração que os engenheiros mecânicos da BYU e da NASA tiveram para criar este painel, ao utilizar os princípios do origami, é possível enviar um painel solar muito maior numa nave ao compactá-lo ao longo do diâmetro da parte exterior de qualquer nave durante a descolagem. Este pode ser aberto no espaço e poderá ter até cerca de 25 metros de diâmetro como demonstra a Figura 16, sem esta técnica, seria muito mais difícil e caro levar um painel com estas dimensões para o espaço. (Greicius, 2017)

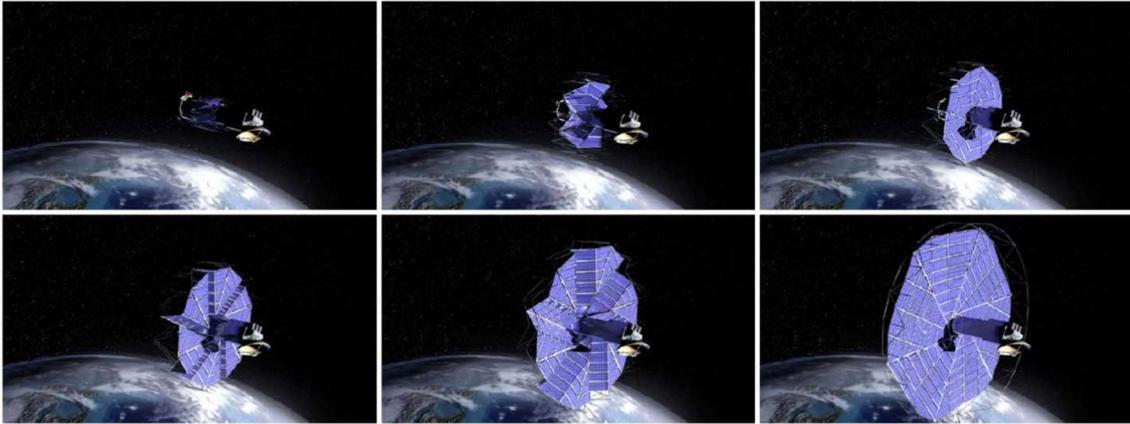


Figura 16: Origami Solar Panel – NASA @<http://bit.do/fcwPQ>

Estes são alguns exemplos de como este tipo de estruturas têm vindo a aparecer, seja pela busca de um design diferenciador, seja pela procura de soluções mais leves, ou até pela necessidade de transportar equipamento. A tecnologia está sempre em evolução e o design e a engenharia necessitam de acompanhar e potenciar esse processo.

### 2.2.2.1 – Técnicas Utilizadas

Existem várias maneiras de conferir flexibilidade a um material rígido. Para além da criação de compósitos que combinem materiais rígidos com materiais flexíveis, há também a possibilidade de alterar a geometria de um material de modo atribuir-lhe flexibilidade.

Dentro desta ideia, um material pode ganhar forma através de processos aditivos ou substractivos.

Os processos aditivos, como é o caso da impressão 3D, caracterizam-se por construírem o produto pela deposição do material em camadas sucessivas. Já os processos substractivos, são caracterizados pela remoção do material de um bloco inicial, como é o exemplo da maquinaria CNC (Controlo Numérico Computorizado).

Normalmente, na impressão 3D são utilizados materiais que ficam rígidos depois de arrefecerem, como certos tipos de plástico (ABS ou PLA), resinas ou alguns tipos de metal. Nestes casos é possível criar um produto flexível ao controlar a forma de como o material é depositado, criando padrões que formam um produto rígido, mas que permitem que este se deforme.

Dentro dos processos substractivos, encontram-se alguns processos que são utilizados para tornar um material

mais flexível, nomeadamente o corte ou o desbaste. Nestes casos, ao contrário da impressão 3D, a forma inicial do bloco não é controlada, mas sim a sua forma final, podendo criar padrões ou enfraquecer certas partes do material de modo a que este se possa dobrar. Para além dos materiais metálicos e plásticos, a madeira também pode ser utilizada nestes processos.(Relvas, Mota, Simões, & Ramos, 2017)

## 2.2.3 – Casos projectuais de estruturas flexíveis

De forma a compreender melhor as estruturas flexíveis e as suas técnicas, foram estudados casos projectuais onde é possível verificar a utilização de várias técnicas para conferir a flexibilidade a materiais rígidos, como por exemplo a madeira e PLA ou ABS.

### 2.2.3.1 – A Empresa DUKTA

A DUKTA é uma empresa sediada na Suíça, fundada em 2011, que se dedica à produção de madeira flexível. Utiliza padrões de corte na madeira para conferir flexibilidade ao material, têm vários tipos de padrões que dão diferentes níveis de flexibilidade ao produto. Os cortes feitos por maquinagem são maioritariamente aplicados em madeira maciça, MDF e em contraplacado.

A empresa apresenta seis tipos de cortes:

#### Sonar

Os cortes longitudinais e descontínuos na superfície fazem com que esta versão apresente tanto linhas verticais, como horizontais, e seja diferente nos dois lados da placa, dando um efeito visual interessante. Espessura de 6 a 12mm.



Figura 17: Sonar – Dukta ©(site Dukta, s.d)

#### Linar

As incisões que esta apresenta são contínuas e regulares na superfície, o que cria um padrão harmonioso e que transmite calma. Este tipo de corte faz com que os dois lados da placa sejam visualmente diferentes e é utilizado maioritariamente em MDF, contraplacado e em placas de 3 camadas. Espessura de 6 a 12mm.



Figura 18: Linar – Dukta ©(site Dukta, s.d)



Figura 19: Foli 1 – Dukta ©(site Dukta, s.d)



Figura 20: Janus – Dukta ©(site Dukta, s.d)

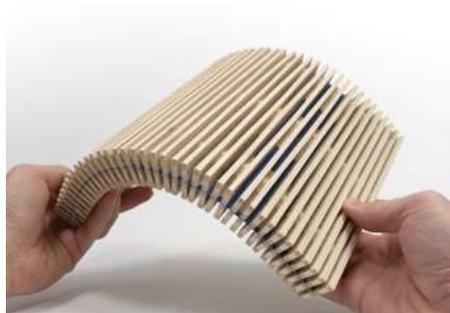


Figura 21: Janus-Text – Dukta ©(site Dukta, s.d)



Figura 22: Duna – Dukta ©(site Dukta, s.d)

### Foli

Este produto apresenta duas versões, Foli 1 e Foli 2. Nestas versões, os cortes são realizados de uma forma ondulada ao longo da placa, sendo que na Foli 1 os cortes são descontínuos e na Foli 2, os cortes são contínuos. Este tipo de incisões cria um padrão divertido e expressivo. É utilizado em MDF, contraplacado e placas de 3 camadas. Este tipo de incisão é também o menos flexível produzido pela empresa. Espessura de 6 a 12mm.

### Janus

As incisões presentes neste exemplo são feitas de ambos os lados da placa de madeira, permitindo que esta seja utilizada em placas com mais espessura. Tem o mesmo efeito visual dos dois lados e pode ser produzida em MDF, contraplacado ou placas de 3 camadas. Espessura de 12 a 42mm.

### Janus-Text

Esta versão contém uma camada de tecido têxtil intermédia, esta pode ser feita de tecido de cores variadas ou de feltro acústico. Tem um efeito visual diferentes das restantes e permite uma absorção maior de som. Igual à versão anterior, pode ser utilizada em MDF, contraplacado ou placas de 3 camadas. Espessura de 12 a 42mm

### Duna

É uma excepção, pois só pode ser aplicada em madeira maciça, visto que é a que apresenta um comportamento mais estável com este tipo de corte. Devido às incisões em dois eixos, este padrão permite que a madeira se dobre e possa ser torcida em várias direcções, porém a aplicação destes painéis é muito delicada.

Os produtos da DUKTA são utilizados maioritariamente em divisórias, painéis, revestimentos e sistemas acústicos, dando uma nova vida aos espaços. As incisões alteram a estrutura dos painéis, as partes contrárias às incisões são flexíveis, mas o material mantém a estabilidade ao longo da direcção dos cortes. Os tipos de cortes são variados e por isso diferem em termos de aparência, o que oferece ao utilizador uma ampla gama de escolhas de design para serem utilizadas em diversos tipos de ambientes. (site Dukta, s.d.).

### 2.2.3.2 – A Empresa Wood-Skin

A Wood-Skin é uma empresa sediada em Milão em 2013. À semelhança da Dukta, a Wood-Skin dedica-se também à produção de madeira flexível, utilizando um método diferente.

Tem a característica de conseguir dar uma propriedade quase têxtil à madeira, através da criação de um composto. Utilizam o corte de madeira em peças triangulares para formar duas camadas, com uma camada de vinil intermédia, produzindo uma espécie de sanduiche com os dois materiais.

Esta técnica combina a rigidez da madeira com a flexibilidade têxtil e permite o desenvolvimento de estruturas e geometrias complexas, que não seriam possíveis de ser realizadas apenas em madeira, como ilustra a Figura 23. Este produto é aplicado em painéis, revestimentos, peças de arte e em algum mobiliário. (site Wood-skin, s.d.)



Figura 23: Exemplo de painel da Wood-Skin  
©<https://www.archipanic.com/woodskin/>

### 2.2.3.3 – O Projecto de Andreas Bastian

Andreas Bastian é um engenheiro, designer e investigador americano que trabalha na Autodesk's Office (OCTO) na Califórnia. Começou a trabalhar com a impressão 3D com o objectivo de criar objectos flexíveis a partir desses materiais, nomeadamente PLA e ABS. Estes materiais quando arrefecidos são rígidos e é bastante difícil serem dobrados, mas algumas das suas propriedades mecânicas dependem da sua geometria.

Neste caso, Bastian controla a maneira como o material é depositado ao criar os objectos. O material é impresso em padrões e formas que permitem melhorar as suas propriedades mecânicas, nomeadamente a flexibilidade, mantendo a sua rigidez, como é possível verificar na Figura 24. Bastian refere-se a estes materiais como “Mesostructured Materials”.

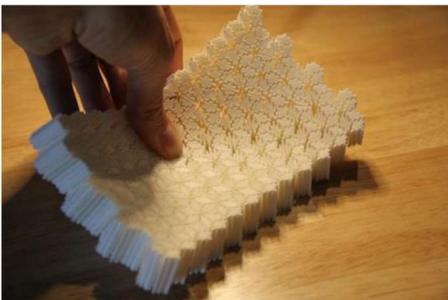


Figura 24: Material mesoestruturado com impressão 3D ©(site Krassenstein, 2014)

O objectivo de Andreas Bastian é poder aplicar estes materiais no interior de compósitos. Nos compósitos “sanduíche”, o interior é formado por um material disposto em forma de hexágonos, isto faz com que o material fique mais leve e forte, pois tem uma estrutura interna que permite ter essas propriedades tal como demonstra a Figura 25.

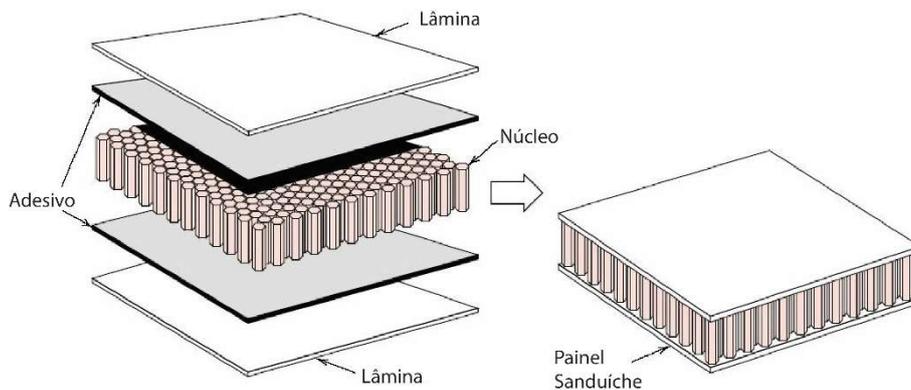


Figura 25: Estrutura de um material compósito tipo sanduíche ©Adaptado de <http://bit.do/fcwWd>

A ideia é assim melhorar esta estrutura interior, de forma a responder às limitações de deformação das malhas poligonais regulares. Ao mudar estes polígonos por mesoestruturas, é possível produzir formas mais complexas que os típicos painéis planos, mantendo a sua rigidez. (Krassenstein, 2014)

#### 2.2.3.4 – O Projecto de Aaron Porterfield

Aaron Porterfield é um designer industrial americano fundador da FequalsF. Faz experiências com corte a laser em acrílico e madeira. À semelhança da Dukta, utiliza vários padrões de corte para resultados/objectivos diferentes.

Realizou as suas experiências em duas fases, primeiro criando ele próprio os padrões com o auxílio de programas como Adobe Photoshop e Adobe Illustrator e usando uma máquina de corte a laser para fazer as incisões no material. A Figura 26 apresenta os resultados das experiências realizadas por Porterfield.



Figura 26: Resultados das experiências de Porterfield ©(site Porterfield, 2016)

Desta primeira fase foram realizados nove padrões, dos quais salientou seis.



Figura 27: Straight Lattice ©(site Porterfield, 2016)

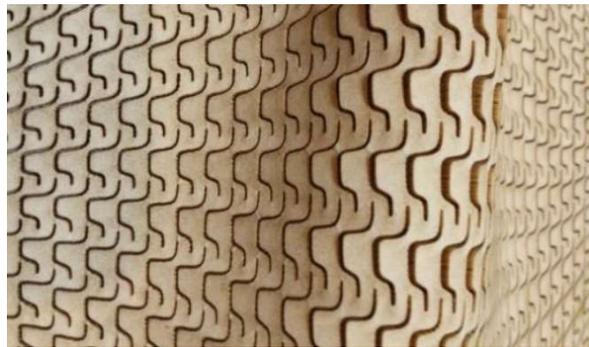


Figura 28: Wave Lattice ©(site Porterfield, 2016)



Figura 29: Cross Lattice ©(site Porterfield, 2016)

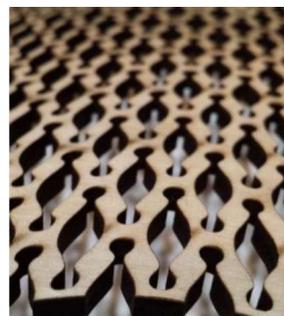


Figura 30: Fillet Lattice ©(site Porterfield, 2016)

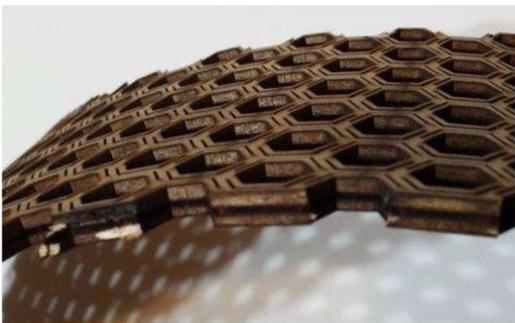


Figura 31: Beehive Lattice ©(site Porterfield, 2016)

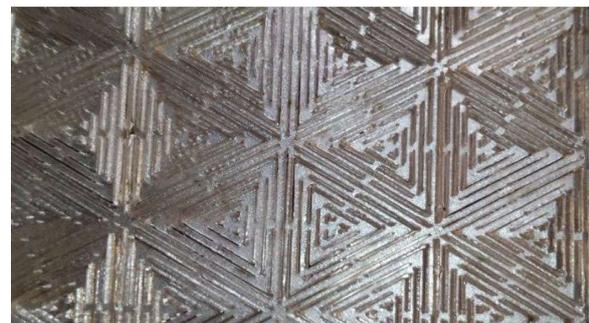


Figura 32: Bastian Lattice ©(site Porterfield, 2016)

Destas experiências, Porterfield concluiu que o corte mais confiável é o Straight Lattice, onde o raio da dobra depende do comprimento dos cortes, da distância entre eles e da espessura do material. Já o mais flexível é o Cross Lattice, sendo que reparou que quando utilizado em materiais mais finos, chega a dobrar na diagonal.

O Wave Lattice mostrou-se bastante flexível apenas numa direcção, enquanto que o padrão menos flexível foi o Beehive Lattice. No caso do Fillet Lattice, conclui-se que o facto de os cantos serem redondos, permite distribuir a tensão mais uniformemente pela placa. Porterfield decidiu realizar um padrão inspirado no trabalho de Andreas Bastian, este mostrou-se sem muita flexibilidade e quebradiço mas Porterfield relata que vê potencial neste padrão.

Numa segunda fase do seu trabalho, Porterfield experimentou o programa Rhinoceros 3D com o plug-in Grasshopper, de modo a criar formas novas com um gerador de algoritmos. Nesta experiência, Porterfield decidiu começar por criar a curva pretendida primeiro e o programa determina automaticamente as incisões necessárias para o material se dobrar daquela maneira exacta.

Nas figuras seguintes é possível observar o processo desde a criação da curva no Rhinoceros 3D, até à sua concepção em MDF.

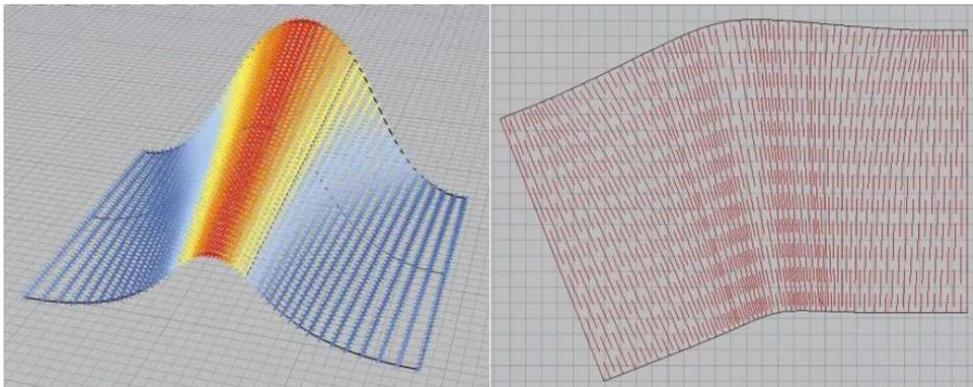


Figura 33: Criação da curva e cortes no Rhinoceros 3D ©(site Porterfield, 2016)

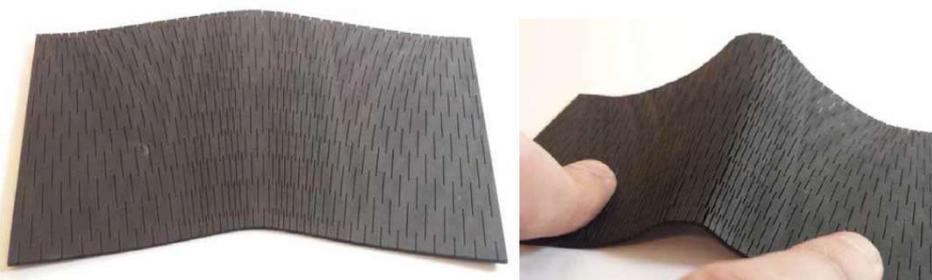


Figura 34: Resultado dos cortes numa placa de MDF ©(site Porterfield, 2016)

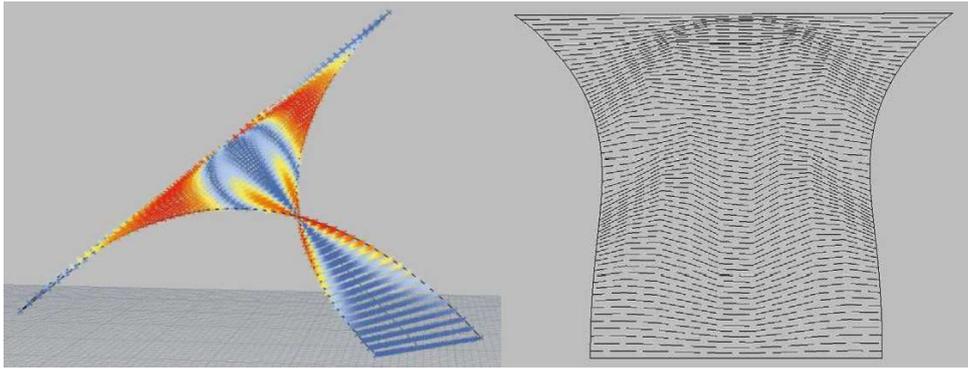


Figura 35: Criação de curva e cortes no Rhinoceros 3D ©(site Porterfield, 2016)



Figura 36: Resultado dos cortes em placa de MDF ©(site Porterfield, 2016)



Figura 37: Flex Pavillion ©(site Campbell, 2015)

A utilização deste programa proporciona uma autonomia muito maior para além da simplicidade, pois o facto de ser automático dá mais facilidade e liberdade ao processo criativo. (Porterfield, 2016)

### 2.2.3.5 - O Projecto Flex Pavillion

Criada por Dave Campbell, a Flex Pavillion é uma instalação completamente feita em madeira. Utiliza o corte e o desbaste para conferir flexibilidade ao contraplacado.

Dois bancos ligados por uma cobertura leve em que o utilizador pode reorganizar o sistema como entender e definir a localização das zonas das dobras (soft zones) adaptando o “pavilhão” a uma necessidade específica como ilustrado na Figura 37. O sistema produz padrões de cortes específico para as dobras necessárias e é produzido posteriormente em CNC.

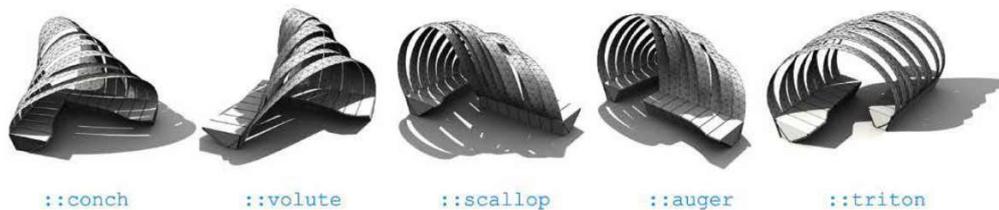


Figura 38: Variações da Flex Pavillion ©(site Campbell, 2015)

O facto de serem utilizados programas de forma a originarem os cortes de forma automática, aumenta o interesse deste projecto, já que com o mesmo produto é possível ter várias configurações apenas com a mudança nos locais e padrões de corte. A Figura 38 demonstra as configurações possíveis para esta instalação. (Campbell, 2015)

## 2.3 – A Madeira

### 2.3.1 – Madeira e Derivados

A madeira é um material bastante versátil, tendo as mais variadas utilizações, desde a construção civil, no fabrico de mobiliário e decoração, e até para produção de papel ou como maneira de aquecer um espaço. Para além de ser versátil, a madeira é um material natural, renovável e reciclável, o que faz a sua utilização ser sustentável e amiga do ambiente. (Ferreira, 2017) e (Oliveira, 2015)

A madeira é considerada um compósito devido à sua estrutura interna, é um material biológico complexo derivado das árvores. É formada para responder a três funções e necessidades fundamentais nas plantas: a condução de água e seiva entre as raízes e as folhas, suporta o corpo da árvore e serve de armazenamento dos bioquímicos das plantas.

A evolução das espécies de árvores e o aparecimento de diferentes tipos de necessidades (relacionadas com o clima, solo, etc) fez com que surgisse uma grande variedade de madeiras com propriedades, características e utilizações distintas.

Apesar de terem propriedades distintas, a estrutura das madeiras é semelhante. A Figura 39 representa um tronco cortado transversalmente onde é possível observar as camadas que compõem a madeira:

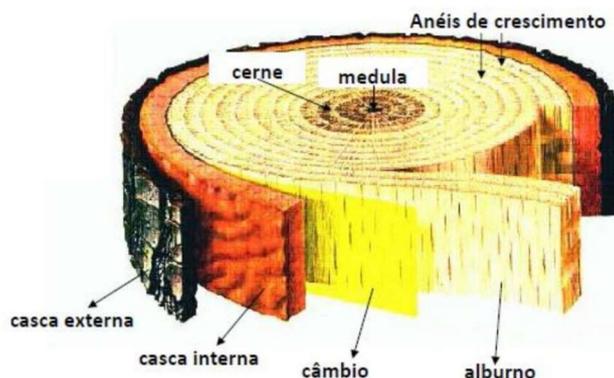


Figura 39: Estrutura interna da madeira  
©<http://bit.do/fcz2v>

Ao cortar uma árvore longitudinalmente, é possível observar também linhas paralelas ao longo do tronco formadas pelos tubos de seiva que, por sua vez, formam a grã. É também possível verificar que existem nós ao longo da madeira, estes marcam os sítios onde foram formados ramos, normalmente estas zonas são estruturalmente mais fracas pois há uma interrupção da continuidade e mudança de direcção das fibras que compõem a madeira.

Dependendo da árvore de proveniência, a madeira pode ser dividida em dois grupos distintos: madeira macia e madeira dura.

A madeira macia provém de árvores coníferas, que mantém as folhas ao longo de todo o ano, como é o exemplo do pinho ou do cedro. Já as madeiras duras são típicas das árvores latifoladas, que deixam cair as folhas no Outono, por exemplo o carvalho ou a faia. (Oliveira, 2015) (Winandy, 1994, pg 550-551)

Dentro da sua tipologia, a madeira e os seus derivados podem ser classificados de acordo com a sua origem: (Oliveira, 2015)

- **Madeira natural:** sem tratamentos

- **Madeira tratada:**

- Contraplacado
- Madeira Laminada
- Madeira Prensada
- Madeira Aglomerada
- Madeira Mineralizada

- **Madeira com tratamentos especiais:**

- Metalizada
- Plástica

## 2.3.2 – Propriedades da madeira

### Propriedades físicas:

A madeira é um material ortotrópico e anisotrópico. Isto implica que a sua resistência depende da direcção da carga e da orientação das fibras, pois a sua estrutura interna apresenta propriedades mecânicas distintas nas direcções dos três eixos perpendiculares entre si: longitudinal (paralelo às fibras), radiais (normal aos anéis de crescimento) e tangencial (perpendicular às fibras) como representado na Figura 40. (Kretschmann, 2010, pg 1)

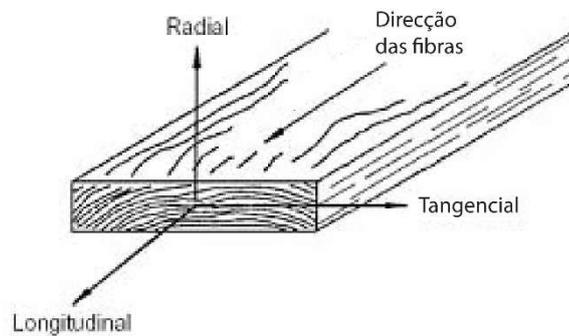


Figura 40: Direcções dos eixos na madeira ©Adaptado de (Kretschmann, 2010, pg 2)

A madeira pode apresentar também alterações quanto à sua forma. O seu volume varia consoante o nível de retenção de água. Sendo um material anisotrópico, as deformações dependem da direcção das fibras e do local do tronco de onde foi retirada. Estas deformações podem fazer com que o material se dobre de diferentes formas como ilustra a Figura 41. (Winandy, 1994, pg 553)

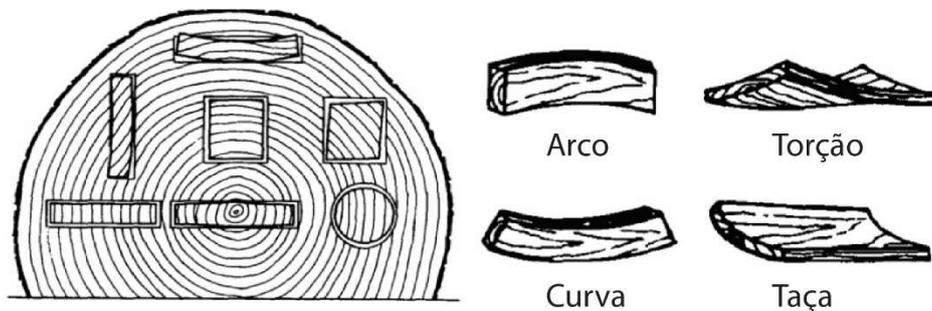


Figura 41: Cortes e deformações da madeira ©Adaptado de (Winandy, 1994, pg 553)

A sua densidade depende do seu peso e do seu nível de humidade, o que é influenciada pela espécie, idade, local, etc.

Em termos térmicos e eléctricos, a madeira não é um bom condutor térmico, apresenta uma maior capacidade de isolamento térmico quanto menor for o seu nível de humidade. É também um bom isolador eléctrico, embora possam existir variações, estas estão relacionadas com a orientação das fibras, temperatura e com o nível de humidade, quanto maior for a humidade, menor é a resistência do material à electricidade.

Apresenta também uma grande resistência ao fogo, pois mantém as suas propriedades estruturais por mais tempo que os outros materiais, suportando temperaturas mais altas.

A madeira apresenta também alta resistência a muitos químicos, uma das razões por que é considerada um bom material estrutural. A sua durabilidade depende também da sua densidade e do tratamento anti-séptico, pois está sujeita a ataques de organismos como fungos.

Devido à sua porosidade, a madeira apresenta uma boa capacidade para isolamento sonoro. (Winandy, 1994)

#### **Propriedades mecânicas:**

Como referido anteriormente, a resistência da madeira depende da orientação das fibras e da direcção da carga. Esta apresenta um bom comportamento quanto à flexão, compressão e tracção quando a carga é paralela às fibras e um mau comportamento quando é perpendicular às fibras, especialmente à tracção.

#### **Características Visuais/sensoriais:**

- Cor
- Cheiro
- Textura: sensibilidade térmica (ao toque) porosidade (absorção de som)
- Aparência (Desenho das fibras)
- Brilho
- Grã

Estas características são influenciadas por factores como espécie, tamanho, idade, mudanças climáticas, condições locais (solo, ataques de organismos, etc) e genética. (Winandy, 1994)

### 2.3.3 – Processamento da madeira

O processamento da madeira é executado em várias etapas. Este depende da sua finalidade, pois pode ter fins industriais (serrados, painéis e polpa) ou fins combustíveis (carvão e lenha).

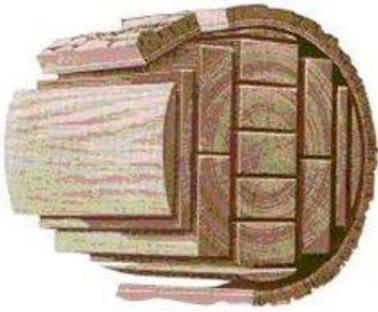


Figura 42: Forma de como o tronco é cortado  
©<http://bit.do/fcz68>

O primeiro passo é o abate das árvores. Depois procede-se ao descascamento das toras, de forma a remover bordas irregulares e defeitos. A madeira é então cortada de modo a aproveitar o seu interior conforme o fim a que se destina, tábuas, ripas ou barrotes com base nas dimensões do mercado como ilustra a Figura 42.

As peças são depois separadas com base na dimensão e finalidade, nesta fase a madeira é considerada verde ou seca. No caso da madeira para produção seca, esta é empilhada com espaçadores de modo a facilitar a circulação de ar na pilha, já a madeira verde não necessita desta fase.

A madeira é então colocada em estufas para proceder à sua secagem. Após esta etapa, a madeira é serrada de modo a alisar a superfície das peças e a uniformizar a sua largura e espessura, para depois ser novamente classificada e separada consoante a sua qualidade. A Figura 43 descreve as fases do processamento da madeira.

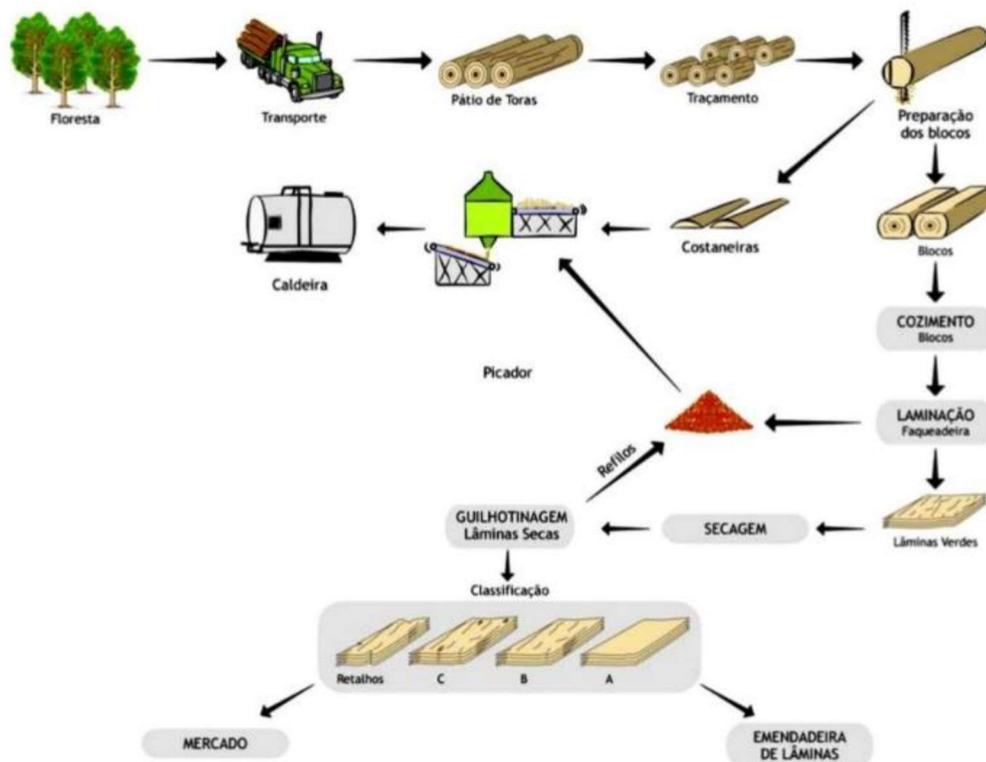


Figura 43: Processamento da madeira ©(site Junior, 2013)

Depois destas fases, o processamento difere, pois os métodos de produção da madeira tratada variam consoante o seu tipo.

A madeira pode ser processada de várias maneiras, como com corte, maquinagem, dobragem, colagem, ligação mecânica ou revestimentos. Já a formação de laminados é possível com adesivos e compactação. (Júnior, 2013) e (Smith, s.d.)

#### **2.3.4 – Aplicações**

Desde o início da humanidade, a madeira foi um dos materiais mais usados, seja para a construção de armas e ferramentas, abrigo e combustível para aquecimento. As suas aplicações acompanharam a evolução do Homem.

Ao longo das épocas, as necessidades humanas e as utilizações deste material evoluíram, sendo que estas mudanças foram proporcionadas por factores sociais, económicos e ambientais. Factores como o aumento da população mundial e consequente aumento de necessidades para embalagens, mobiliário, energia e abrigo, ou a necessidade de atenuar os impactos ambientais, principalmente nas últimas décadas e uma competição cada vez maior nos mercados mundiais leva a que a sua utilização e processos sofram modificações ao longo do tempo. (Wegner, Skog, Ince, & Michler, 2010, pg 165)

Actualmente as suas aplicações são bastante variadas, sendo utilizada na construção civil e arquitectura, na produção de painéis, revestimentos, mobiliário, produtos variados e combustível.

A produção de painéis derivados da madeira contribui para o ambiente, na medida em que é possível a utilização de fibras de madeira reciclada, reduzindo assim o impacto ao reutilizar produtos de madeira e desperdícios de produção.

Já na construção civil e arquitectura, a sua durabilidade é elevada, desde que as estruturas sejam projectadas e conservadas de forma correcta. Para além de ser um material contemporâneo, estético e acolhedor, a madeira é o único material realmente renovável e energeticamente eficiente durante a produção, processamento e uso, apresentando boas propriedades para este fim, como por exemplo o seu baixo peso em relação à sua densidade. É possível ver a variedade de aplicações nesta área, desde

produtos como revestimentos e divisórias, a edifícios de vários tipos e pontes. (site Swedish Wood, 2011)

Como referido anteriormente, a madeira apresenta propriedades desejáveis como a sua densidade, a capacidade de suporte de carga, as suas propriedades térmicas e a grande variedade de espécies existentes, faz com que este seja um material adequado para imensos requisitos. Porém, esta variedade é igualmente a razão por que as suas aplicações ainda são limitadas. Devido a esta grande quantidade de espécies de árvores, cada uma com as suas características, ainda não foi possível a caracterização das propriedades de cada uma, pelo que o desconhecimento destes factos faz com que ainda existam muitas aplicações da madeira por explorar.

É possível observar este desconhecimento com o exemplo da Guiana Francesa. Segundo o CNRS News, existem aproximadamente 1600 espécies tropicais neste país e apenas 250 foram caracterizadas pelas suas propriedades mecânicas e 150 pela sua resistência aos fungos. Ainda existe muito para explorar nesta área e muitas aplicações para descobrir.

Nos últimos anos, com o avanço da tecnologia, têm surgido novas aplicações para a madeira, como a sua utilização em carros com polímeros enriquecidos com fibras de madeira, carcaças de computadores em países tropicais pois absorvem a humidade e previne a formação de condensação nos circuitos. O uso das suas moléculas também tem aumentado na química para diversos fins. (Cailloce, 2016)

Para além da questão económica, a escolha cada vez maior por produtos derivados da madeira tem também factores sociais e ambientais como referido anteriormente, já que sendo este material natural, cresce sozinho e não necessita de grandes quantidades de energia e água para se produzir, ao contrário dos materiais sintéticos, porém a sua utilização e abate precisa de ser racional e responsável para combater a desflorestação.

### 2.3.5 – A madeira no mobiliário

Como referido anteriormente, a madeira sempre foi um dos materiais mais utilizados no mobiliário. Quer seja madeira natural ou tratada, a sua presença é bastante forte nesta área devido às suas características e variedade.

Quanto à madeira natural ou maciça, as madeiras duras são as mais apreciadas, por serem mais densas e com mais qualidade e, por conseguinte, terem uma maior durabilidade, o que faz também com que o seu preço seja mais elevado. Neste caso, é possível nomear exemplos como o carvalho, mogno, cerejeira, nogueira e faia.

Algumas madeiras macias são também utilizadas na produção de mobiliário, porém não têm tanta resistência como a madeira dura, o que faz com que esta tenha um preço menor. O pinho e o cedro são exemplos de madeira macia usadas nesta área. Os acabamentos para a madeira maciça variam desde a folha de madeira, tintas e verniz.

A madeira tratada tem também uma grande utilização no mobiliário, sendo que esta também apresenta uma grande variedade de opções. Por serem madeiras industriais, são produzidas com fibras de madeira reciclada e restos de outras produções, pelo que apresentam um custo reduzido e desta maneira, preservam também as florestas.

**MDP** – “*Medium Density Particleboard*” É fabricado com partículas de madeira que são aglutinadas com resina e por sua vez, prensada a quente, sendo que o centro é menos denso, com partículas maiores, que a superfície. Este material tem pouca resistência à humidade e tem uma durabilidade menor, sendo também mais barato e permite uma grande variedade de acabamentos. É maioritariamente aplicado em mobiliário com linhas rectas, pois não permite formas muito trabalhadas.

**Contraplacado** – É formado por camadas de madeira da mesma espessura coladas entre si. A sua resistência mecânica é boa e permite a sua utilização tanto em prateleiras como em móveis.

**MDF** – “*Medium Density Fiberboard*”, composto por fibras de madeira aglutinadas e compactadas com resinas e prensadas a quente, sendo que a sua mistura se torna homogénea. É um material bastante versátil, mais fácil de

trabalhar, uma vez que não tem as fibras numa direcção específica, possui uma grande resistência mecânica e permite vários tipos de acabamentos, como pintura, verniz, lacado, laminado e melamina, sendo um dos materiais mais utilizados na fabricação de mobiliário.

**Aglomerado** – Produzido com uma mistura de resíduos e fibras de madeira aglutinados com resina e prensados. Permite a aplicação de vários tipos de acabamentos. O facto de ser vulnerável à humidade e ter uma resistência e durabilidade baixa, faz com que a sua aplicação em mobiliário seja mais limitada, sendo usado na fabricação de móveis de baixa qualidade, na zona traseira de móveis e gavetas. Por estas razões este material apresenta um custo mais baixo.

**OSB** – “*Oriented Strand Board*” É composto por tiras de madeira com diferentes direcções em camadas, são coladas com resinas sob altas temperaturas e pressão, tendo uma grande resistência mecânica e rigidez. Isto faz com que estes painéis sejam óptimos materiais estruturais, pelo que são amplamente utilizados nesse contexto, embora sejam também utilizados na produção de mobiliário, como é um material mais rugoso, permite uma menor variedade de acabamentos que os restantes materiais, como verniz e tinta. (Dicaf, 2010); (site Furniture 123, s.d.) e (Oliveira, s.d)

O bambu, embora não seja considerado madeira, tem uma resistência equivalente a certos tipos de madeira, o que faz com que seja adequado para aplicações como em mobiliário e revestimento de pisos. Devido ao seu crescimento ser rápido, é uma alternativa cada vez mais utilizada para a madeira. (site Bamboo Botanicals, s.d.) e (site Bellavista, 2018)

Em relação à aplicação dos acabamentos, no caso dos laminados, estes podem ser colocados de duas maneiras, “*postforming*” ou “*edge banding*”. Depois do painel ser cortado com as medidas essenciais, este apresenta uma lateral inacabada, sendo visível o interior do painel, para dificultar a entrada de humidade e de forma a que a peça tenha uma aparência esteticamente mais agradável, é necessário que o material seja revestido. Antes da aplicação do acabamento, alguns materiais requerem que a sua



Figura 44: Processo de “edge banding”  
©<http://bit.do/fcAf3>



Figura 45: Processo de “postforming”  
©<http://bit.do/fcAft>

superfície seja previamente lixada para uma melhor aderência do revestimento.

No caso do “*edge banding*” (Figura 44), as laterais são cobertas com uma tira de laminado com cola. Já o “*postforming*” (Figura 45) exige que as bordas das placas sejam previamente moldadas de modo a que seja possível enrolar o laminado, formando uma borda sem existir uma quebra com a parte superior do painel, ao contrário do resultado do “*edge banding*”. Assim, este método requer mais operações durante o processo de produção da placa. (site Zentier, 2017)

Quanto ao revestimento com melamina, é necessário ter em atenção o seu impacto ambiental, pois segundo um estudo realizado na Universidade de Jaume I em Espanha, a aplicação deste revestimento exige temperaturas e pressões mais altas que os restantes laminados. (Bovea & Vidal, 2004)

No caso da aplicação de veneer natural, este requer uma série de processos também após a aplicação do revestimento, nomeadamente a sua lixagem e posterior acabamento com verniz ou solvente. (Bovea & Vidal, 2004, pg 115)

### 2.3.6 – Preocupações Ambientais

Uma das grandes vantagens da utilização da madeira ou derivados de madeira é ser uma opção mais amiga do ambiente do que outros materiais, como os derivados do plástico, o que faz com que a madeira seja um material com bastante interesse. Porém, apesar de ser um material renovável, há que ter em atenção a sua sobre-exploração.

Há uma crescente preocupação com a desflorestação a nível mundial, segundo Christina Nunez, da National Geographic, entre 1990 e 2016, o planeta perdeu cerca de 1,3 milhões de quilómetros quadrados de floresta, e continua a um nível alarmante. (Nunez, 2019) Apesar de ser um recurso renovável, a escala da sua exploração é maior que a sua renovação. É necessário encontrar alternativas, aproveitar tudo o que este material tem para oferecer e incentivar a sua reciclagem.

Um dos exemplos da sua reciclagem, é a utilização de resíduos de madeira como biomassa na produção de energia, esta pode ser aplicada no tratamento de nova madeira, evitando assim o desperdício.

Outra alternativa é a utilização de aglomerados em vez de madeira natural como o MDF. Como foi referido anteriormente, o MDF é composto por fibras de madeira, estas fibras podem vir de madeira verde, mas também de resíduos da produção de madeira e de partes que não têm outra utilização, podendo ser produzido com madeira reciclada.

Além de ser um material feito a partir de materiais reciclados e renováveis, o MDF tem muitas vantagens na aplicação do mobiliário, pois é um material com uma grande resistência mecânica, bastante versátil e fácil de trabalhar, permitindo o corte ou fresagem de formas complexas sem estragos, é fácil de fixar e de aplicar acabamentos. É também mais económico e é possível alterar a sua cor facilmente.

Para além destas vantagens, o MDF apresenta também uma grande variedade de dimensões e espessuras, é isento de nós e lascas, não tem traçado direccional na superfície, sendo que são planas, suaves e densas. Tem uma elevada resistência à flexão e um considerável poder de fixação de parafusos, para além de possibilitar juntas coladas sem aplicações especiais. (Valbopan, 2007, pg 3)

Uma das desvantagens do MDF é a dificuldade em ser reciclado, devido às resinas utilizadas na sua produção. (Titeux, s.d) e (site WBPI, 2012). Apesar disto, surgiram nos últimos anos soluções para este problema, como por exemplo a tecnologia criada por Craig Bartlett, um empreendedor britânico, co-fundador da start-up MDF Recovery. Bartlett, criou uma tecnologia que permite a reciclagem do MDF, ao utilizar uma técnica chamada "ohmic heating" para retirar as resinas. (Frost, 2017). Um outro exemplo trata-se da empresa Tricoya, que criou um processo não tóxico e usa fibras recicláveis para produzir o MDF, que deste modo pode ser reciclado em fim de vida. (site Tricoya, s.d.)

O aparecimento de soluções na reciclagem do MDF torna a utilização deste material mais vantajosa, já que vai permitir um ciclo de vida maior e uma utilização da madeira mais responsável, sendo uma mais valia para o ambiente.



## **II. Projecto**



## 3.1 - Introdução ao projecto

### 3.1.1 - Decomposição do problema

Como foi descrito anteriormente no ponto 2.3, a madeira é um material com muitos benefícios ambientais, pois é um material natural e renovável. Sendo assim, a sua utilização é ideal para o mobiliário devido também às suas propriedades mecânicas e estéticas.

O aparecimento de madeira flexível veio aumentar as suas potencialidades neste ramo, já que podem ser utilizados vários tipos de madeira, nomeadamente o MDF, que tem propriedades ideais para este contexto.

Numa sociedade em que o espaço nas casas está a diminuir e que a população cresce e se desloca cada vez mais para as cidades para ter melhor qualidade de vida, as casas e apartamentos são tendencialmente mais pequenos. Segundo Gabrielle Learvest da revista *The Muse*, as razões para este aumento de micro apartamentos deve-se, não só ao aumento da população nas cidades, mas também à impossibilidade de parte da população de arrendar/comprar espaços maiores devido ao aumento do preço das rendas, visto que só são acessíveis nas periferias das cidades. (Learvest, s.d.). As pessoas estão a optar por localização em detrimento de espaço. Segundo o relatório de *World Urbanization Prospects* de 2018 realizado pelas Nações Unidas, cerca de 55.3% da população mundial vive em espaços urbanos, sendo que prevê que essa percentagem suba para 60% até 2030 onde é estimado que uma em três pessoas irá viver em cidades com pelo menos meio milhão de habitantes. (United Nations, 2018)

Com esta realidade, surge a necessidade de investir em divisões multifuncionais, em que não só a mobília seja multifuncional, mas também que ocupe pouco espaço. Para responder a este problema, surgem novas tendências no design e sistemas que permitem viver confortavelmente num espaço pequeno, como é possível verificar pelo aparecimento da mobília multifuncional e retráctil/colapsável. Este tipo de equipamento permite ao utilizador configurar o produto às suas necessidades no momento de utilização, podendo desmontar ou arrumar o produto quando este não estiver a ser utilizado, como por exemplo mesas encastradas na parede ou camas embutidas em estantes, podendo assim libertar espaço e permitir que

essa divisão tenha múltiplas funções, como quarto, escritório, sala de estar e sala de jantar.

No processo de desenvolvimento de um produto, é importante ter em conta o conceito de DFX (Design for X). O DFX consiste numa abordagem utilizada durante o desenvolvimento de um produto onde o X pode representar objectivos ou características a ter em conta no desenho do produto ou no seu processo, para melhor responder às necessidades do utilizador e de forma a otimizar questões como o seu fabrico, montagem, utilização ou fim de vida. (Huang, 1996)

No caso deste projecto, o Design for Flexibility surge como um modo de aperfeiçoar um produto para poder ser utilizado em espaços pequenos de forma a maximizar as suas potencialidades para estes contextos, podendo ser alterado ou adaptado a várias aplicações conforme a necessidade do utilizador. Dentro desta ideia, A. Bischof e L. Blessing criaram em 2008 directrizes para o desenvolvimento de produtos flexíveis. Destes destacam-se a standartização e modularidade, para que os produtos utilizem peças standartizadas de modo a diminuir a necessidade de fabricar novas peças apenas para o produto em questão e também para reduzir o número de peças diferentes no mesmo produto. Já no caso da modularidade, é importante que o desenvolvimento de um produto tenha esta questão em consideração pois irá possibilitar o utilizador de alternar a sua configuração facilmente consoante a sua necessidade, ou substituir peças do produto sem afectar todo o sistema, ao minimizar as dependências internas entre os componentes. O seguimento destas directrizes irá permitir uma utilização mais flexível do produto. (Bischof & Blessing, 2008)

De forma a perceber qual a melhor opção a seguir, foi realizado um levantamento de exemplos com projectos de sucesso feitos tanto com madeira flexível, como na área de mobília retráctil. Foram seleccionados alguns parâmetros para comparar os projectos, nomeadamente o material, os processos de fabrico e o seu resultado. Desta maneira é possível compreender em que medida estes projectos se distinguem e os seus pormenores.

A selecção que a seguir é apresentada pretende assim auxiliar na clarificação de questões como as aplicações da madeira flexível em mobiliário assim como o mobiliário

retráctil e os seus processos. Trata-se de oito projectos que foram escolhidos pois apresentam aplicações em âmbitos de mobiliário multifuncional e mobiliário retráctil. Estes contribuem com o presente projecto na medida em que é possível compreender o que existe nesta área e em que medida pode ser inovada.

## Projecto 1

**Modus** - Dukta e Creatop AG (site Creatop, s.d)

**Descrição:** Modus é um painel feito com madeira da empresa Dukta, cujos cortes permitem a montagem de prateleiras e o suporte de objectos com peças específicas como se pode ver na Figura 46. Devido aos cortes na madeira, este painel tem propriedades acústicas.

**Material:** Madeira

**Processo de fabrico:** Maquinagem CNC

**Resultado/Objecto:** Painel acústico com possibilidade de montagem de prateleiras (Retráctil, pois é possível retirar as prateleiras)



Figura 46: Modus ©(site Creatop, s.d)

## Projecto 2

### Ollie Chair – RockPaperRobot (2017a, 2017b)

**Descrição:** Cadeira retráctil com madeira flexível, projectada para espaços pequenos, pouco peso para facilitar a sua deslocação e de montagem e desmontagem fácil e rápida.

**Material:** Madeira (teca e bordo) e alumínio

**Processo de fabrico:** Alumínio – Corte a laser;  
Quinagem; Estampagem;  
Ligação mecânica  
Madeira – Maquinagem cnc; corte e lixagem; colagem das tiras de madeira a uma folha de plástico (ligação adesiva)

**Resultado/Objecto:** Cadeira Retrátil



Figura 47: Fases de montagem ©(site RockPaperRobot, 2017b)



Figura 48: Pormenor do encosto ©(site RockPaperRobot, 2017b)



Figura 50: Variações de cor da madeira ©(site RockPaperRobot, 2017b)



Figura 49: Comparação do tamanho da cadeira na fase inicial e final de montagem ©(site RockPaperRobot, 2017b)

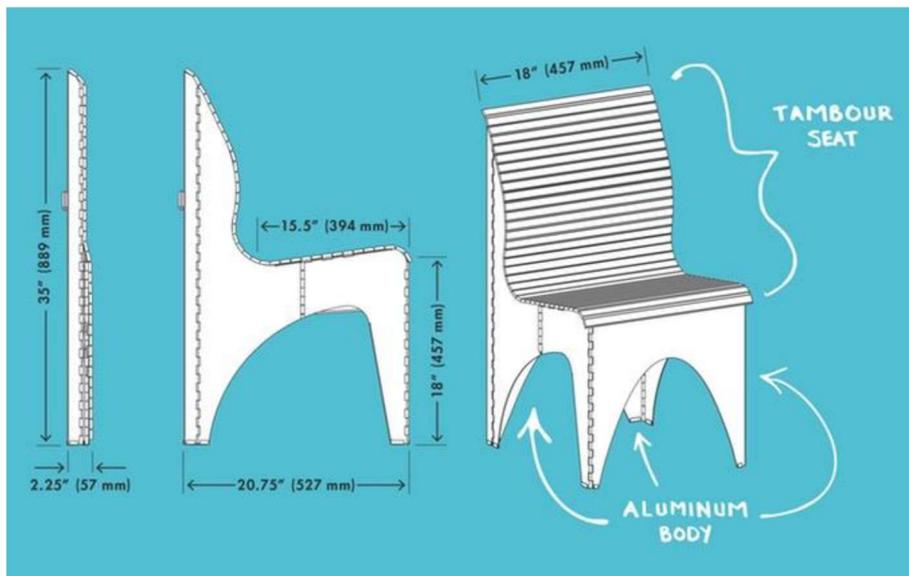


Figura 51: Medidas principais ©(site RockPaperRobot, 2017b)



Figura 52: Pormenor da madeira com a folha de plástico ©(site RockPaperRobot, 2017b)

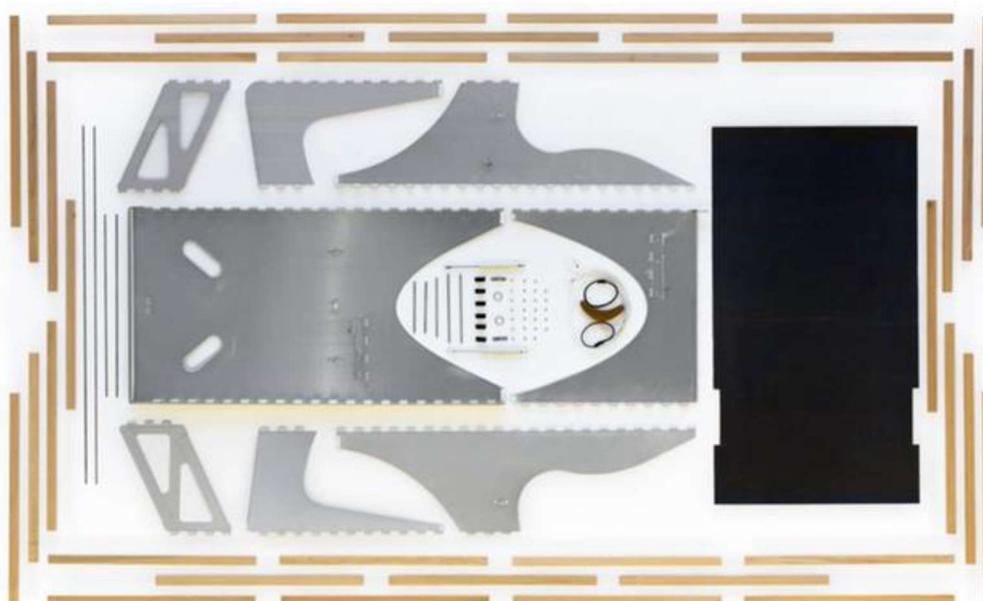


Figura 53: Peças separadas ©(site RockPaperRobot, 2017b)

### Projecto 3

#### Ollie Table – RockPaperRobot (2018)

**Descrição:** Com a mesma ideia base do projecto 2 Ollie Chair, a Ollie table é uma mesa retráctil. Consiste num painel fixo à parede, o seu sistema mecânico permite que este seja desenrolado de modo a montar uma mesa com o comprimento desejado pelo utilizador.

**Material:** Madeira e alumínio

**Processo de fabrico:** Alumínio – Corte a laser; estampagem; quinagem; corte (utilização de perfis); soldadura (ligação térmica) e ligação mecânica

Madeira- corte; lixagem

**Resultado/Objecto:** Painel com mesa retrátil



Figura 54: Mesa montada com dois tamanhos ©(site RockPaperRobot, 2018)

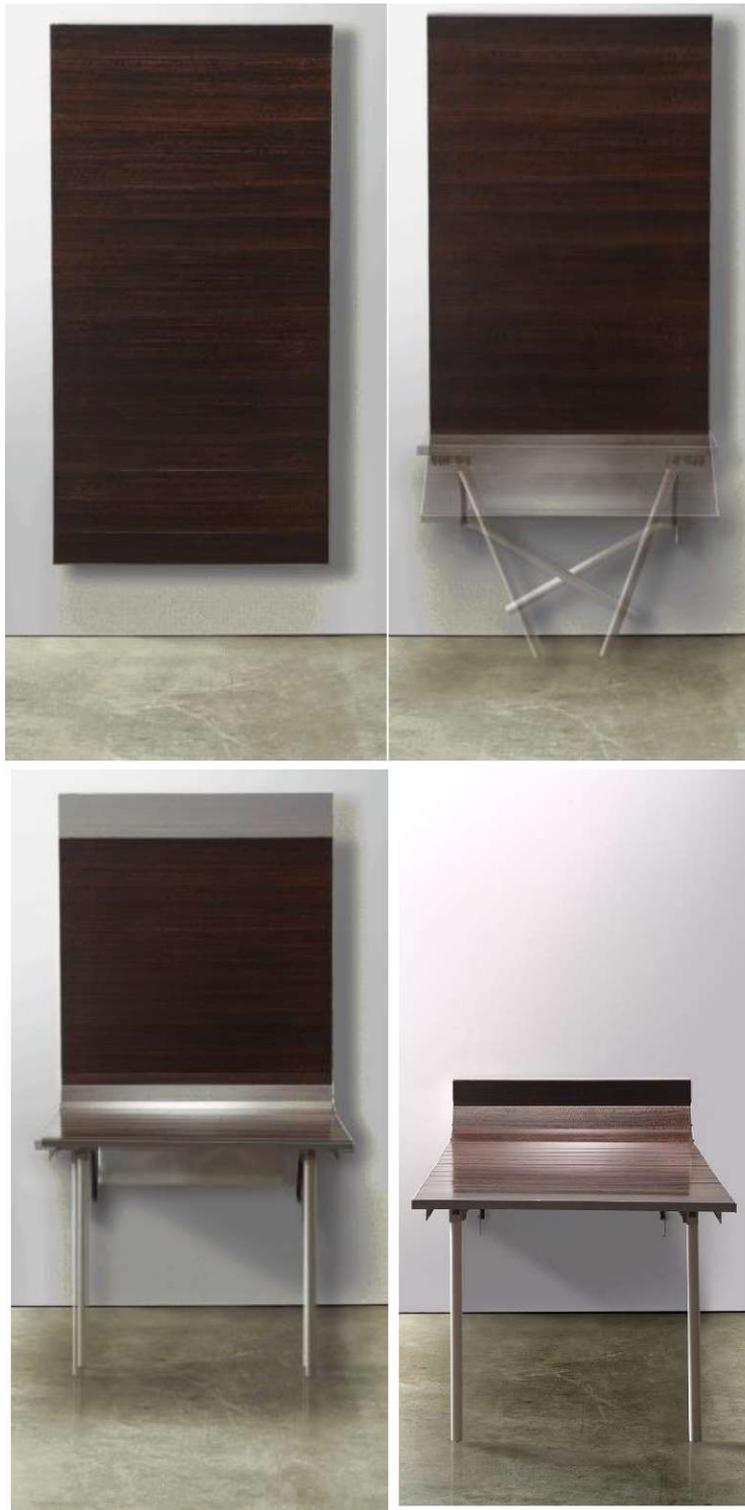


Figura 55: Fases de montagem ©(site RockPaperRobot, 2018)

## Projecto 4

**Wellenreiter** – Dukta e Hochschule Mainz (2017)

**Descrição:** Sistema modular de parede que permite servir de bengaleiro, banco e com prateleiras. É fixo à parede e devido aos cortes na madeira flexível, podem ser montadas prateleiras, ganchos, espelhos ou luzes em várias alturas, e tem também um banco montado. O facto de ser construído com módulos diferentes, permite a construção de variações do produto consoante a necessidade do utilizador.

**Material:** Madeira

**Processo de fabrico:** Corte; Maquinagem CNC; Ligação mecânica

**Resultado/Objecto:** Sistema modular de parede com várias funções: bengaleiro, banco e prateleiras (Multifuncional)



Figura 56: Utilização dos módulos ©(Hochschule Mainz, 2017)



Figura 58: Utilização de 3 módulos ©(Hochschule Mainz, 2017)



Figura 57: Pormenor da madeira ©(Hochschule Mainz, 2017)



Figura 59: Construção do painel ©(Hochschule Mainz, 2017)

## Projecto 5

Shift – Benjamin Hubert, Layer (2018)

**Descrição:** Conjunto de prateleiras minimalista, mostra o potencial da utilização do material Solid Textile Board e Acoustic Textile Felt no mobiliário de interior. Quando está completamente fechado, Shift é um painel acústico de parede, usando um mecanismo minimalista, os painéis estendem-se como tecido para criar um sistema de prateleiras e arrumação. (Williamson, 2018)

**Material:** Solid Textile Board e Acoustic Textile Felt

**Processo de fabrico:** Sem parafusos; duas folhas de material têxtil coladas; corte; ligação adesiva

**Resultado/Objecto:** Painel acústico quando fechado, sistema de prateleiras flexíveis e adaptáveis. (Retráctil)



Figura 60: Painel montado ©(site Williamson, 2018)



Figura 61: Peças e materiais ©(site Williamson, 2018)

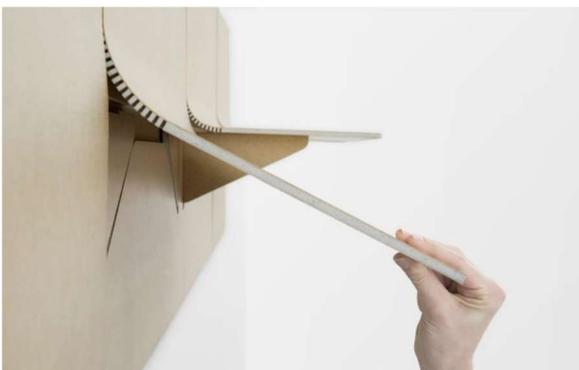


Figura 62: Montagem da prateleira ©(site Williamson, 2018)



## Projecto 6

### Accord CED 102 – Accord (s.d)

**Descrição:** Estante com secretária embutida dobrável para espaços pequenos em carvalho ou MDF. Tem um design minimalista, é discreta e compacta, ideal para espaços pequenos. (site Accord, s.d)

**Material:** Madeira e aço

**Processo de fabrico:** Corte (utilização de perfis); soldadura (ligação térmica); lixagem; ligação mecânica

**Resultado/Objecto:** Estante com secretária embutida dobrável (Multifuncional)



Figura 63: Estante na sua forma simples ©(site Accord, s.d)



Figura 64: Estante com secretária montada ©(site Accord, s.d)

## Projecto 7

### Piano Shelf – Sebastian Errazuriz (2001)

**Descrição:** Sistema de prateleiras em madeira lacada e aço, que pode ser adaptada às necessidades do utilizador. Ao baixar um conjunto de placas, é criada uma superfície onde podem ser colocados objectos, o espaço branco criado permite realçar o objecto exposto.

**Material:** Madeira lacada e aço

**Processo de fabrico:** Corte; Maquinagem CNC; Ligação mecânica e adesiva

**Resultado/Objecto:** Sistema de prateleiras adaptáveis (Retráctil)



Figura 65: Utilização das prateleiras ©(site Errazuriz, 2001)



Figura 66: Demonstração de possíveis posições das prateleiras ©(site Errazuriz, 2001)



Figura 67: Montagem das prateleiras  
©<http://bit.do/fcBzh>

## Projecto 8

**Pretty Sharp** – Yusuke Seki, Tadafusa (2015)

**Descrição:** Originalmente concebido para expor uma colecção de facas da marca Tadafusa, este sistema de prateleiras é constituído com placas de madeira perpendiculares, os seus intervalos permitem a montagem das prateleiras a qualquer altura para exposição do objecto. (Spirou, 2016)

**Material:** Madeira

**Processo de fabrico:** Corte; lixagem; ligações mecânicas e adesivas

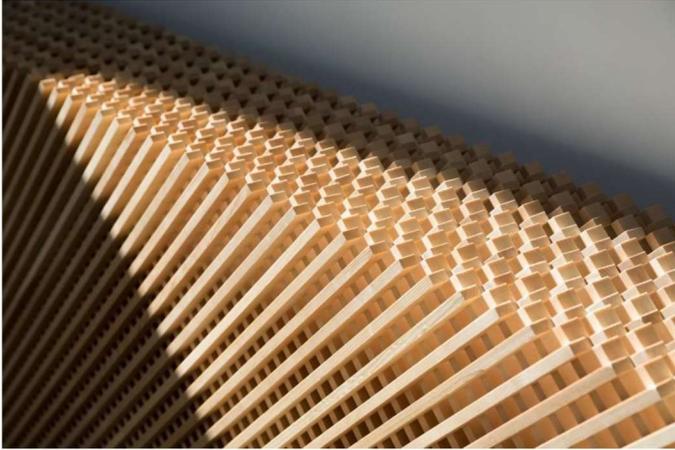
**Resultado/objecto:** Expositor de facas com prateleiras adaptáveis (Retráctil)



*Figura 68: Exposição dos produtos ©(site Spirou, 2016)*



*Figura 69: Demonstração de montagem das prateleiras ©(site Spirou, 2016)*



*Figura 70: Pormenores das ripas de madeira  
©(site Spirou, 2016)*

Dos projectos apresentados, podemos verificar que vários são multifuncionais ou retrácteis porém, nenhum responde a estas duas características em simultâneo, sendo que este é um ponto a ter em consideração.

### **3.1.2 - Identificação de Oportunidade**

Depois de verificar como a madeira flexível funciona e quais as suas potencialidades, surge a ideia de utilizar este tipo de madeira em mobília. Visto que não há mobília neste material que seja multifuncional e retráctil em simultâneo, surge a oportunidade de utilizar a madeira flexível para este fim, isto deve-se à possibilidade da madeira de se adaptar a várias formas e voltar à sua forma original, o que é ideal para mobiliário retráctil.

Tirando proveito também das suas características estéticas, já que é um material com uma aparência bastante agradável em qualquer situação e é ainda possível personalizar a sua cor.

### **3.1.3 - Perfil do utilizador**

Este produto pode ser utilizado por todos os amantes de madeira, mas é especialmente pensado para jovens adultos estudantes ou trabalhadores que vivem em casas ou apartamentos pequenos, normalmente em cidades e que necessitam assim de utilizar o mesmo espaço para várias funções.

## 3.2 – Proposta de projecto: Brief

Apartir da investigação de suporte a este estudo na área do mobiliário multifuncional, retráctil e mobiliário com madeira flexível, é proposto seguinte projecto:

**Descrição:** Estante multifuncional com cadeira e secretária retrácteis.

**Material:** Madeira

**Processo de fabrico:** Maquinagem CNC (principal)

### 3.2.1 – Funcionamento e objectivos

A estante funciona como uma célula de onde é possível a montagem de uma mesa com diferentes alturas e de uma cadeira.

Tem como objectivos a sua utilização como mesa, cadeira, estante e a capacidade de ser facilmente retráctil para quando não estiver a ser utilizada, passando a ser um painel com propriedades estéticas e acústicas na parede.

Uma das principais finalidades deste produto é a modularidade. Segundo Carlos Relvas “um módulo pode ser definido como uma unidade, constituída por um componente ou grupo de componentes que proporcionam uma função de base única ser removidos do produto, de forma não destrutiva” (Relvas et al., 2017, pg 164) e refere também que o “termo produto modular é usado para descrever o uso de unidades comuns para criar variantes do produto”. Desta maneira, o facto de o produto ser constituído por três células diferentes e independentes torna o produto modular. Isto permite que o utilizador possa criar várias versões do produto usando os seus componentes conforme a sua necessidade ou espaço. Podendo variar entre os três módulos: o módulo simples, sem estrutura interna para prateleiras apenas; o módulo com a cadeira; o módulo com a mesa com diferentes alturas. É também pretendido aumentar o contacto entre o utilizador e o material, ao permitir a este que possa manusear a madeira flexível.

Pode montar ou desmontar um módulo ou substituí-lo sem afectar os restantes, é possível também a reutilização do mesmo módulo noutra local ou projecto.

Distingue-se em:

Este projecto é modular, multifuncional e retráctil. Dos 4 projectos analisados anteriormente que usam madeira flexível, apenas dois são retrácteis, sendo que estes utilizam materiais exteriores à madeira para a tornar flexível. Esta estante distingue-se pelo facto de a madeira necessitar apenas de um processo de produção para este fim, tendo apenas uma ligação mecânica à estrutura principal.

Os projectos multifuncionais apresentados não são retrácteis na sua totalidade, e os projectos retrácteis não desempenham mais que uma função. Desta forma, o projecto proposto responde aos dois atributos, visto que é o único que permite ter uma cadeira e mesa embutidas no mesmo produto, para além de poder ser utilizada também com prateleiras ou ganchos. Todos estes elementos são retrácteis ou amovíveis (no caso das prateleiras).

### **3.3 - Análise ergonómica e antropométrica**

A ergonomia centra-se no princípio de “user-centred design”, ou seja, design centrado no utilizador. Isto é, tem como objectivo adequar o produto/espço ao utilizador e não obrigar o utilizador a adaptar-se ao produto/espço. Para isso, no desenvolvimento de um produto é utilizado o Homem como referência principal, sendo que o produto é desenhado a partir das medidas gerais do utilizador, adaptando o produto ao indivíduo desde o seu projecto. (Openshaw & Taylor, 2006, pg 3)

Segundo Stephen Pheasant, a antropometria é o ramo da ciência que estuda as medidas e proporções humanas. A ergonomia, centra-se na correspondência entre a forma física e dimensões do produto, com as formas e dimensões do utilizador. (Pheasant, 2003, pg 6-7)

No desenvolvimento do presente projecto, foi necessário estudar algumas medidas gerais do corpo humano e da interacção do Homem com certos produtos, nomeadamente cadeiras e mesas. Para isso foi realizada uma pesquisa das dimensões gerais de cadeiras, secretárias e mesas de apoio.

Com este produto, o utilizador vai tomar várias acções de modo a usufruir deste, nomeadamente estar em pé e alcançar as prateleiras de modo a colocar/retirar objectos.

Inicia-se assim com uma pesquisa sobre as dimensões gerais de mulheres e homens, nomeadamente a altura.

A Figura 71 representa as medidas humanas gerais das posturas mais comuns num ambiente de trabalho.

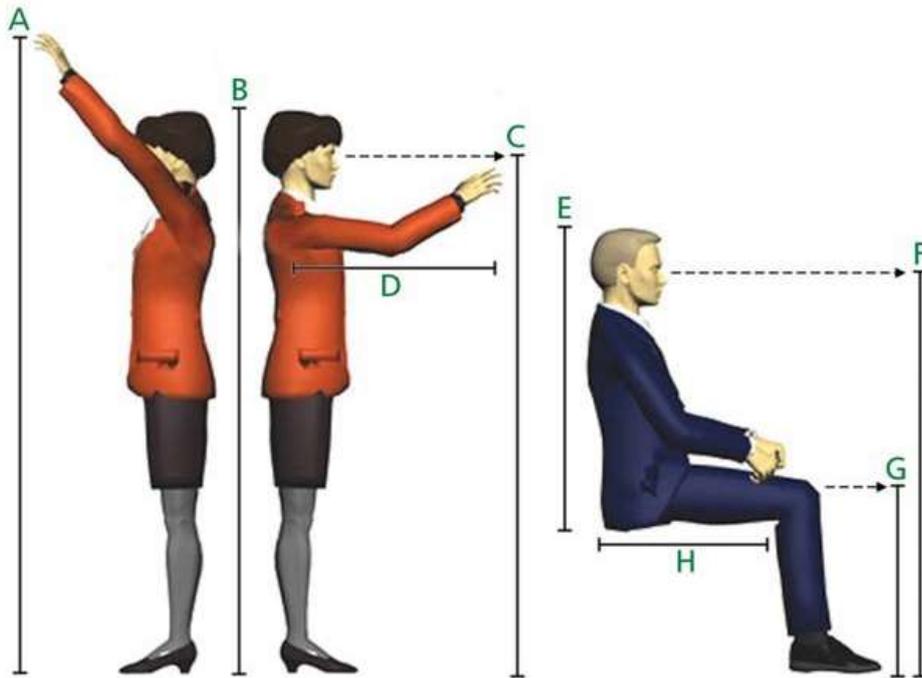


Figura 71: Medidas gerais das posturas mais comuns num ambiente de trabalho. ©(site Openshaw & Taylor, 2006, pg 7)

Tabela 1: Medidas antropométricas de homens e mulheres (grandes e pequenos), de BIFMA Ergonomics Guidelines, 2002. Medidas em centímetros. ©Adaptado de (site Openshaw & Taylor, 2006, pg 7)

Medição	Letra	Mulher	Homem
Alcance acima da cabeça de pé	A	190 - 220	206 - 237
Altura de pé	B	152 - 173	164 - 186
Altura dos olhos de pé	C	144 - 165	156 - 177
Alcance para a frente de pé	D	78 - 91	85 - 100
Altura sentado	E	79 - 91	85 - 97
Altura dos olhos sentado	F	108 - 124	117 - 133
Altura dos joelhos sentado	G	50 - 59	54 - 63
Profundidade do assento	H	43 - 51	45 - 53

Sendo a altura de uma pessoa em pé mínima de 152cm e máxima de 186cm, e a altura de alcance mínimo entre 190cm e 237cm, considera-se que a altura dos módulos do produto pode ser de 180cm de modo a que seja possível e confortável de usar pelos utilizadores.

As prateleiras serão projectadas em separado do módulo principal para comodidade do utilizador. O objectivo é que seja possível ser montada em qualquer parte do módulo, sendo desta forma benéfico pois apenas utiliza o número de prateleiras que necessita e à altura que desejar.

De seguida foi feita uma pesquisa sobre as dimensões gerais de uma pessoa sentada e por consequente, de uma cadeira, para a construção do módulo com a cadeira embutida.

A Figura 72 representa as medidas gerais de uma pessoa sentada:

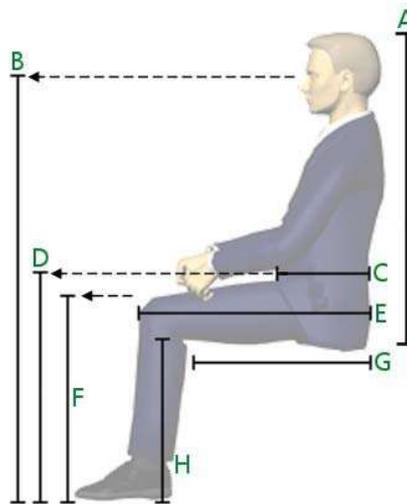


Figura 72: Medidas antropométricas comuns para a posição sentada. ©(site Openshaw & Taylor, 2006, pg 13)

Tabela 2: Valores para homens e mulheres do 5º e 95º percentil na posição sentada. Usar figura 72 para visualização. Dados de BIFMA Ergonomics Guidelines, 2002. Medidas em centímetros ©Adaptado de (site Openshaw & Taylor, 2006, pg 13)

Medição	Letra	Mulher 5º-95º%	Homem 5º-95º%	Alcance geral 5º-95º%
Altura sentado	A	79 - 91	85 - 97	79 - 97
Altura dos olhos sentado	B	108 - 124	117 - 133	108 - 133
Profundidade da cintura	C	18 - 27	20 - 29	18 - 29
Afastamento da coxa	D	53 - 62	58 - 68	53 - 68
Nádega ao joelho	E	54 - 64	56 - 66	54 - 66
Altura do joelho	F	50 - 59	54 - 63	50 - 63
comprimento/pro- fundidade do assento	G	43 - 51	45 - 53	43 - 53
Altura poplíteia	H	38 - 46	42 - 50	38 - 50
Largura do assento	Não mostrado	36 - 45	35 - 43	35 - 45

As Figuras 73 e 74 demonstram as medidas gerais de uma cadeira:

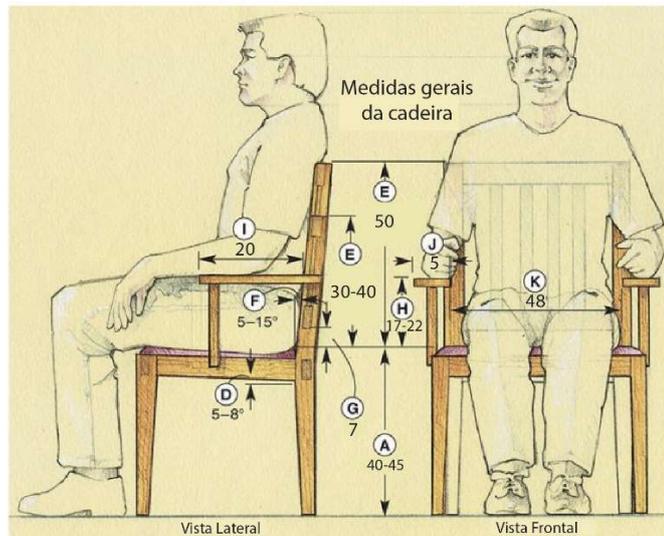


Figura 73: Medidas gerais de uma cadeira.  
©Adaptado de <http://bit.do/fcBBv>

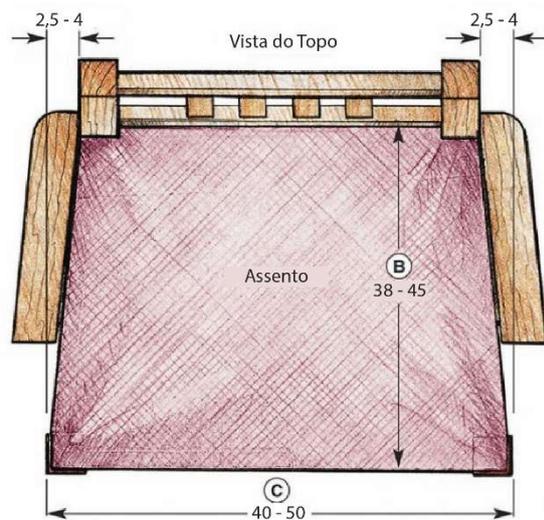


Figura 74: Medidas gerais do assento de uma cadeira.  
©Adaptado de <http://bit.do/fcBBv>

Depois de analisar as imagens, pode verificar-se que as medidas médias a utilizar na cadeira podem ser as seguintes: altura média do assento entre 38 a 50,5cm, a largura pode ser de 40 a 50cm, e a profundidade entre 38 a 53cm.

Com estas medidas estudadas, foi necessário pesquisar também as medidas de uma secretária, e de uma mesa de apoio, pois o objectivo do módulo da mesa será esta poder ter duas alturas, tendo assim duas funções.

A Figura 75 ilustra as medidas de uma secretária:



Figura 75: Medidas gerais de um espaço de trabalho. ©(site Openshaw & Taylor, 2006, pg 31)

Tabela 3: Guidelines da BIFMA para secretárias e espaços de trabalho. Medidas em centímetros ©Adaptado de (site Openshaw & Taylor, 2006, pg 30)

	Medição	Letra	Directriz da BIFMA
Trabalho Sentado	Altura para coxas	A	68
	Profundidade para joelhos	B	43
	Largura para coxas	Não Mostrado	50
	Altura ao nível do pé	C	10
	Profundidade ao nível do pé	D	60
Superfícies de Suporte para Secretárias	Altura sentada para dispositivos (secretária)	F	56 - 72 (ajustável) 72 (não ajustável)
	Altura sentada para ecrãs (altura dos olhos)	G	Interdependências complexas; Permitir o ecrã ao nível dos olhos; Altura aproximada: 108 - 133
	Altura em pé para dispositivos (secretária)	Não Mostrado	93 - 115
	Altura em pé para ecrãs (altura dos olhos)	Não Mostrado	Interdependências complexas; Permitir o ecrã ao nível dos olhos; Altura aproximada: 144 - 177
	Profundidade de visualização	H	40

No caso da secretária foram consideradas as medidas gerais das secretárias de trabalho sentado, como é possível verificar pelas áreas a verde na tabela.

Para a mesa de apoio foi utilizada uma tabela da Capital Area Woodworkers de onde foi seleccionada a “night table” pois é o tipo de mesa com as medidas mais aproximadas das pretendidas para o projecto. As suas medidas estão destacadas na tabela pela cor verde. (site Capital Area Woodworkers, 2016).

*Tabela 4: Medidas gerais de vários tipos de mesas. Medidas em centímetros ©Adaptado de (site Capital Area Woodworkers, 2016)*

**Dimensões gerais de mesas**

<b>Tipo de mesa</b>	<b>Altura</b>	<b>Comprimento</b>	<b>Largura/Profundidade</b>
<i>Card</i>	66 - 76	76 - 91	76 - 91
<i>Coffee, redonda</i>	38 - 43	91 - 106 diam	91 - 106 diam
<i>Coffee, rectangular</i>	38 - 43	91 - 152	45 - 60
<i>Console</i>	71	122 - 137	40 - 45
<i>Dining, rectangular</i>	71 - 76	152 - 203	91 - 106
<i>Dining, redonda</i>	71 - 76	101 min diam	101 min diam
<i>Drafting</i>	81 - 111	78 - 182	58 - 111
<i>Drum</i>	76	91 diam	91 diam
<i>End</i>	45 - 60	60 - 71	45 - 50
<i>Hallway/entry</i>	86 - 91	91 - 182	40 - 50
<i>Library</i>	71 - 76	152 - 213	60 - 91
<i>Night</i>	40 - 63	45 - 71	40 - 55
<i>Sewing</i>	66	qualquer	43 min
<i>Sofa</i>	66 - 68	152	35 - 43
<i>Workbench</i>	81	qualquer	66
<i>Writing</i>	71 - 76	91 - 101	50 - 60

Depois de analisar as informações obtidas, e de acordo com o objectivo do projecto, chegou-se a um compromisso sobre as medidas que melhor se adequam a este projecto (Tabela 5). Foi considerado o funcionamento do sistema do módulo da cadeira e da mesa e procurou-se a melhor solução para que o produto seja ergonómico.

*Tabela 5: Resumo da investigação das medidas gerais para o produto. Medidas em centímetros*

	<b>Altura</b>	<b>Comprimento</b>	<b>Profundidade</b>
<b>Módulo</b>	180	-	-
<b>Cadeira</b>	38 - 50,5	40 - 50	38 - 53
<b>Secretária</b>	72	-	72
<b>Mesa de apoio</b>	40 - 63	45 - 71	40 - 55

### 3.4 - Definição dos requisitos

Para que o produto responda aos objectivos pretendidos, foram estabelecidos os requisitos do projecto. Deste modo é possível organizar e definir as características gerais do produto.

- Estável
- Resistente
- Estético
- Fácil de montar/Intuitivo
- Seguro
- Ergonómico
- Modular
- Rápido de montar/desmontar
- Multifuncional
- Confortável
- Compacto
- Retráctil
- Adaptável

### 3.5 - Materiais e experimentação

Numa primeira fase, foram comparados o MDF e a madeira maciça, nomeadamente o pinho. Foi realizada uma experiência numa pequena placa com 2cm de espessura com um corte bastante simples em S com o objectivo de observar a reacção do material, como é possível observar nas figuras seguintes.

## Corte com Pinho

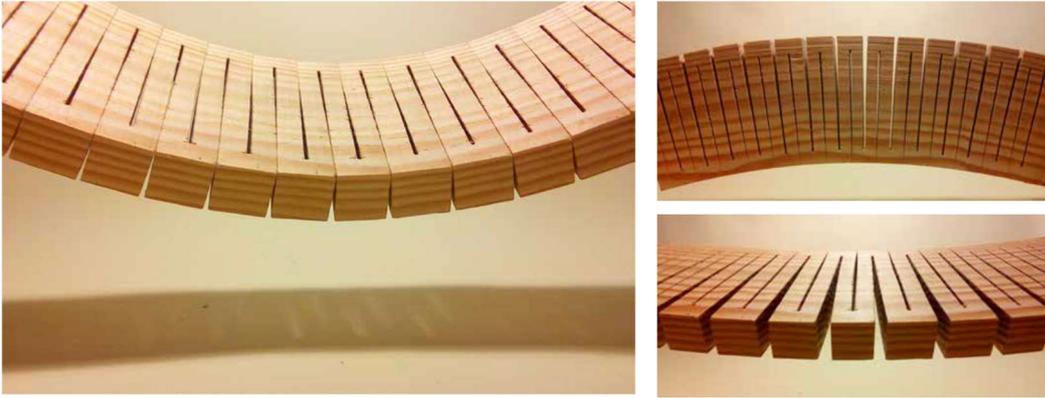


Figura 76: Placa de pinho com cortes em S

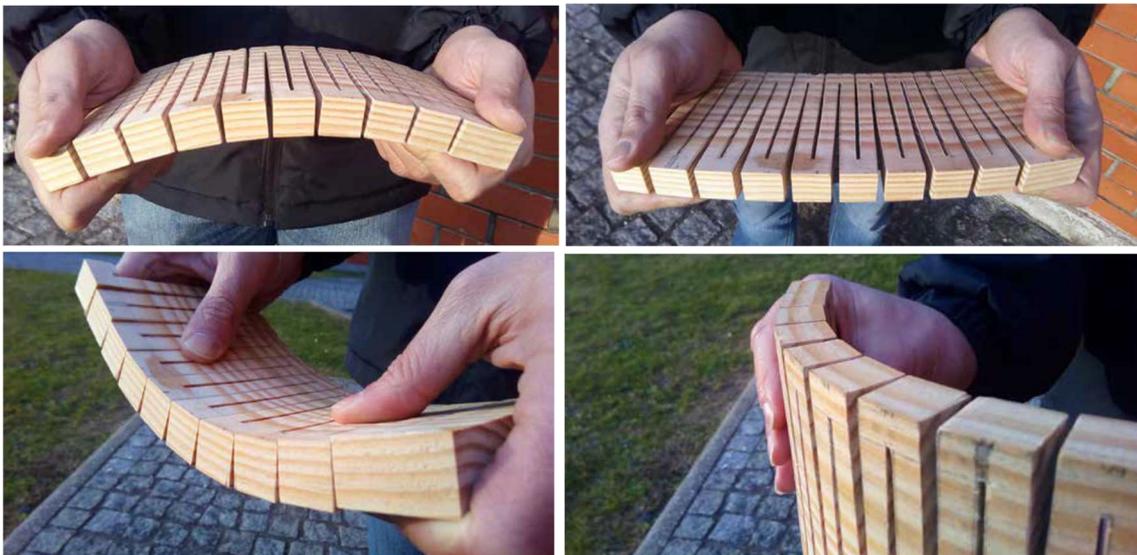


Figura 77: Experimentação com a placa de pinho

## Corte com MDF

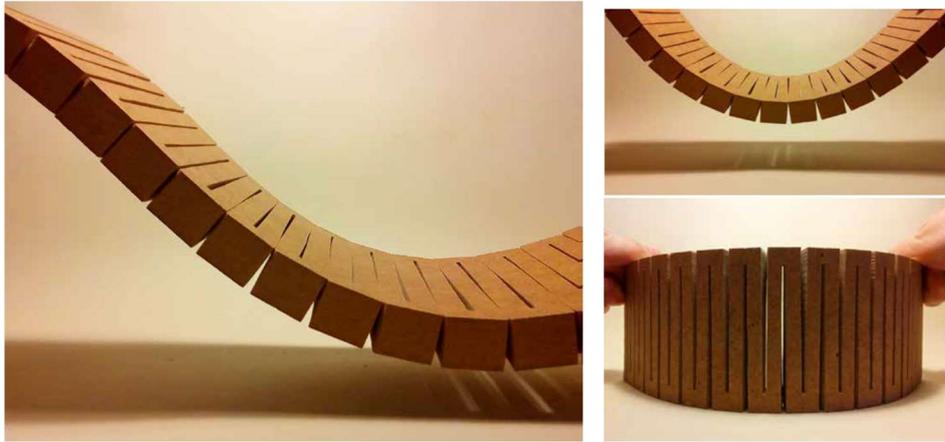


Figura 78: Placa de MDF com cortes em S



Figura 79: Experimentação com a placa de MDF

Depois dos cortes finalizados, foi feita uma comparação entre os materiais e a sua reacção ao mesmo tipo de corte, esta comparação foi realizada através de observação.

MDF	Pinho
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Composição mais homogénea/uniforme</li> <li>- Menos rigidez</li> <li>- Mais fácil de trabalhar</li> <li>- Depois do corte: mais flexibilidade na flexão fora do plano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Material Ortotrópico; a sua resistência às tensões depende da direcção das fibras</li> <li>- Mais rigidez</li> <li>- Mais difícil de trabalhar</li> <li>- Depois do corte: mais flexibilidade na flexão dentro do plano</li> <li>mais flexibilidade na tracção</li> </ul>

Foi possível observar que o facto de o material ser ortotrópico ou isotrópico pode ter influência no resultado final, pois no caso do pinho, foram feitas diversas tentativas, uma vez que o material partia com muita facilidade devido à direcção das fibras e dos cortes. Verificou-se também que o pinho teve um acabamento pior do que o MDF devido às suas fibras.

No caso do MDF, apesar de não ter mostrado tanta flexibilidade com solicitações no mesmo plano como o pinho, este acaba por ter mais flexibilidade na flexão fora do plano, como é possível verificar pelas imagens, além de que o MDF mostrou-se muito mais fácil de trabalhar, não tendo partido ou mostrado sinais de fendas no material.

Depois de constatar que o MDF seria a melhor opção para o pretendido, pois apresenta as melhores propriedades para a utilização em estruturas flexíveis no mobiliário, foram analisados os padrões criados pela Dukta consoante a espessura máxima que a placa pode suportar e a sua direcção de flexibilidade, para a realização de um ensaio. Atendendo às informações apresentadas no ponto 2.2.3.1, nos casos do Sonar, Linar e Foli 1+2, a sua espessura máxima só poderia ser 12mm, o que é pouco para o objectivo deste projecto. O corte Duna, apesar de não ter espessura máxima definida, não se enquadra devido ao facto de poder ser dobrado em 3 direcções diferentes. O corte Janus é assim o que melhor se enquadra para o projecto, pois pode ser feito em espessuras maiores, até 42mm, e mostra um grande nível de flexibilidade para esta espessura.

Seguidamente foi modelada uma placa em Solidworks com uma versão do corte Janus como se pode observar na Figura 80.

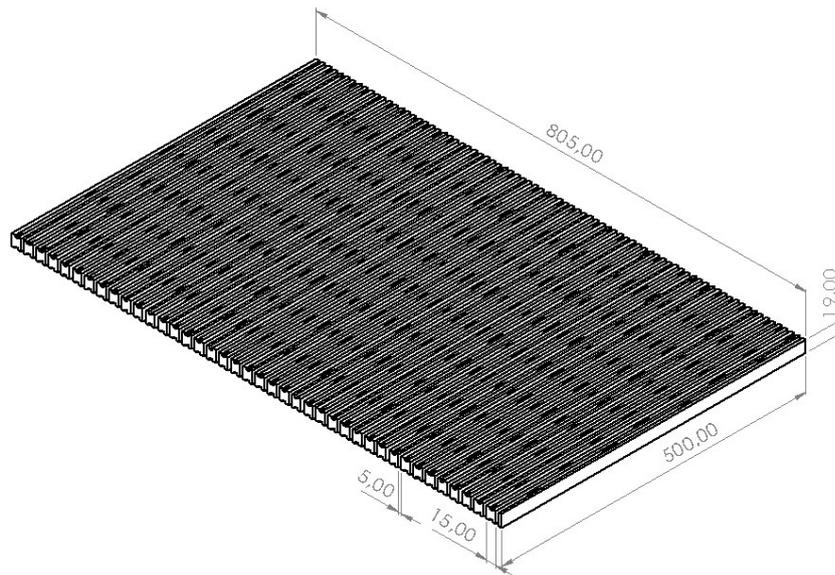


Figura 80: Desenho técnico da placa Janus (Medidas em mm)

Com a modelação da placa concluída, procedeu-se à sua produção numa Fresadora CNC, que está documentada na Figura 81.

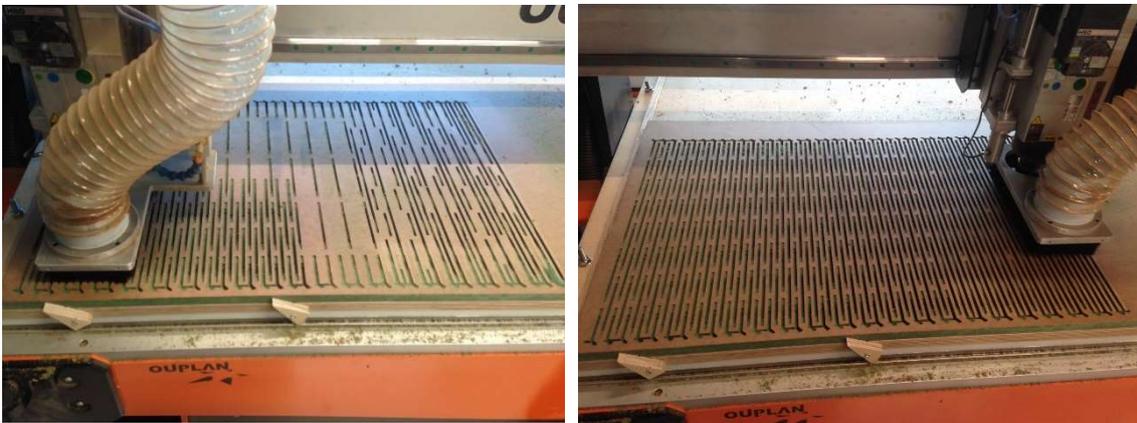


Figura 81: Realização da placa numa Fresadora CNC

As imagens seguintes mostram o resultado da placa cortada, e também alguns exemplos de experimentação de utilização da placa como cadeira e mesa.

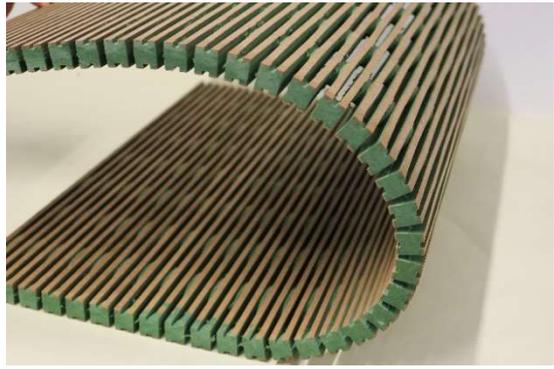


Figura 82: Placa de MDF com versão do corte Janus da Duktá

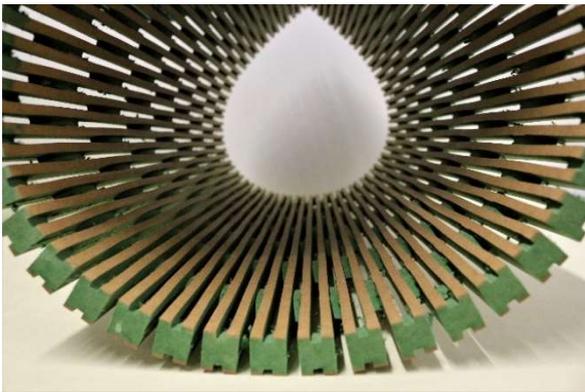


Figura 83: Demonstração da flexibilidade da placa



Figura 84: Demonstração da flexibilidade da placa em S



Figura 85: Demonstração da utilização da placa como cadeira



Figura 86: Demonstração da utilização da placa como mesa

Com a placa concluída, pode observar-se que o material ficou bastante flexível e robusto. Não houve registo de qualquer problema com o processo na CNC fresadora e o acabamento ficou satisfatório. O ensaio foi realizado com 5mm entre os cortes, tendo um resultado tão positivo, a modelação da placa a utilizar no projecto poderá ser feita com uma escala menor destes cortes, para obter mais flexibilidade.

Como referido anteriormente e como se pode observar pelas figuras 85 e 86, foi feita uma experimentação da placa como cadeira e como mesa, onde foi possível o utilizador ter contacto com o material, observar o comportamento da placa nestas situações e também experienciar a sua comodidade.

### 3.6 – Projecto de conceito

#### 3.6.1 – Geração de conceitos

Para dar início ao desenho do produto, foram concebidos alguns esboços iniciais sobre as ideias principais para o projecto. Foi decidido que a orientação das placas seria na vertical, para a zona inferior poder dobrar para fora. Isto implica a necessidade de uma estrutura interna de suporte em metal para suportar a placa, já que esta madeira é menos estável e resistente com a orientação na vertical.

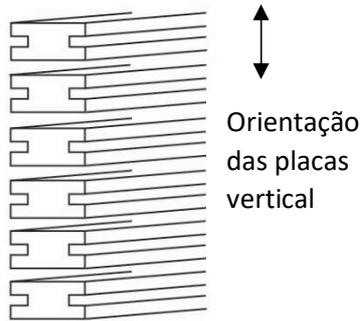


Figura 87: Esboço da placa com cortes

A ideia inicial seria para que os módulos pudessem ser também independentes da parede. Quando fossem independentes, teriam apoios no chão e funcionariam também como biombos/separadores de divisão. Verificou-se então que esta opção seria deixada de lado, pois teria de ter um sistema interno mais complexo, o que resultaria em mais material e peso, para além de que os módulos não poderiam ficar na mesma linha, o que iria encarecer muito o produto, e iria ficar demasiado robusto para o que é pretendido.

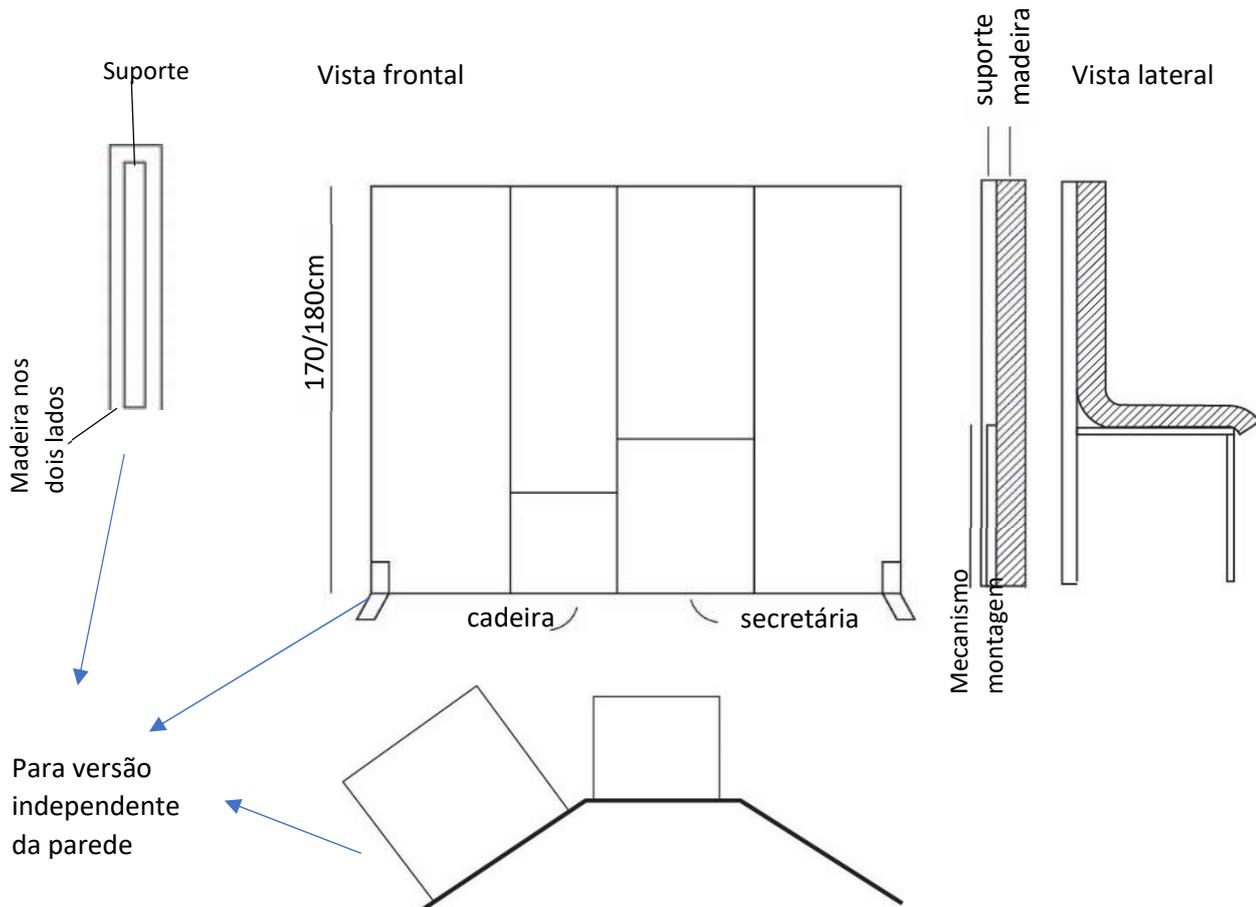


Figura 88: Esboço geral, primeiras ideias

Foram definidos inicialmente os sistemas mecânicos necessários de construir para o funcionamento do produto:

- Montagem do módulo
- Montagem da cadeira
- Montagem da mesa
- Prateleiras

Primeiramente foi idealizado que os módulos seriam de comprimentos diferentes de modo a poder ter uma mesa maior mas, para facilitar o processo de fabrico e uma redução da quantidade de componentes diferentes de modo a padronizá-los, optou-se por tornar os módulos de tamanhos iguais, contribuindo para o design modular.

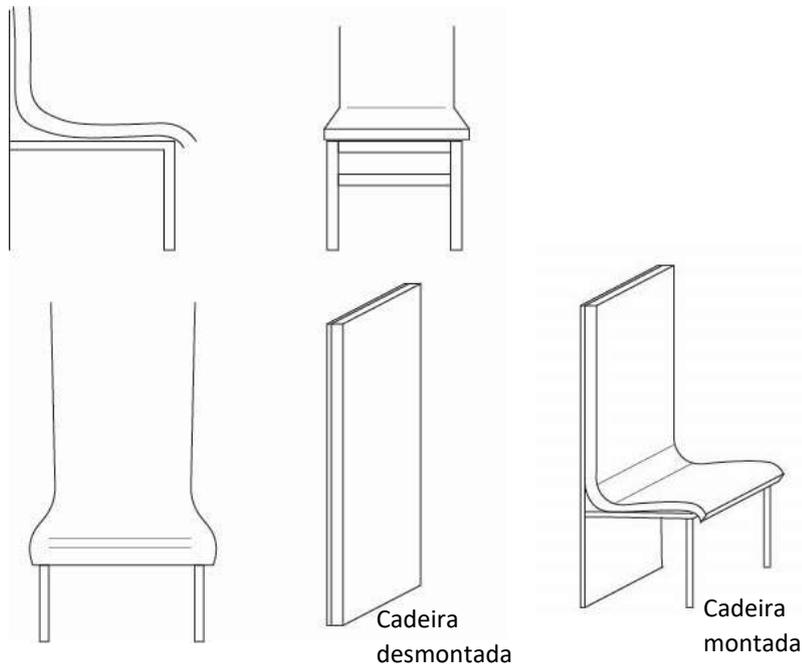


Figura 89: Esboços da cadeira e do sistema

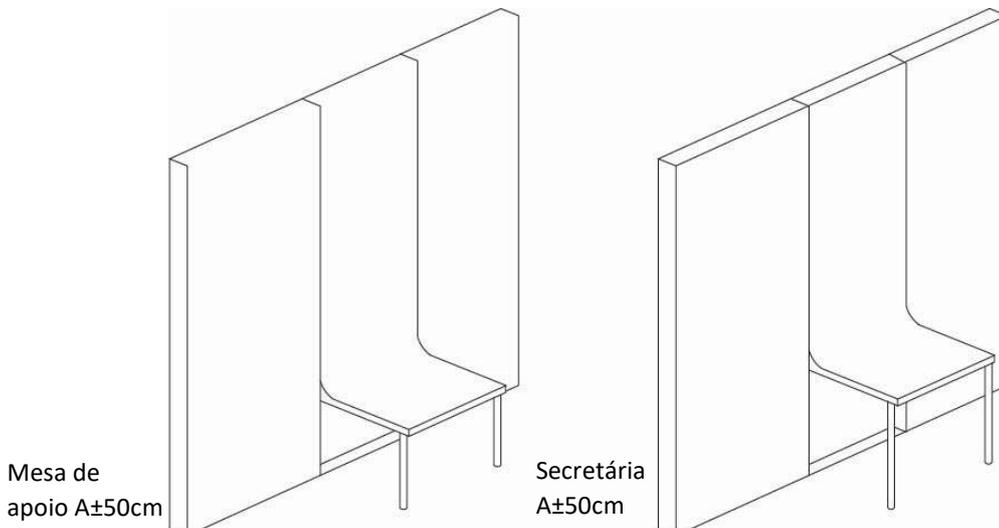


Figura 90: Esboços da mesa com duas alturas

Para as prateleiras, foram desenhadas duas opções, que seriam separadas da peça principal, ou embutidas.

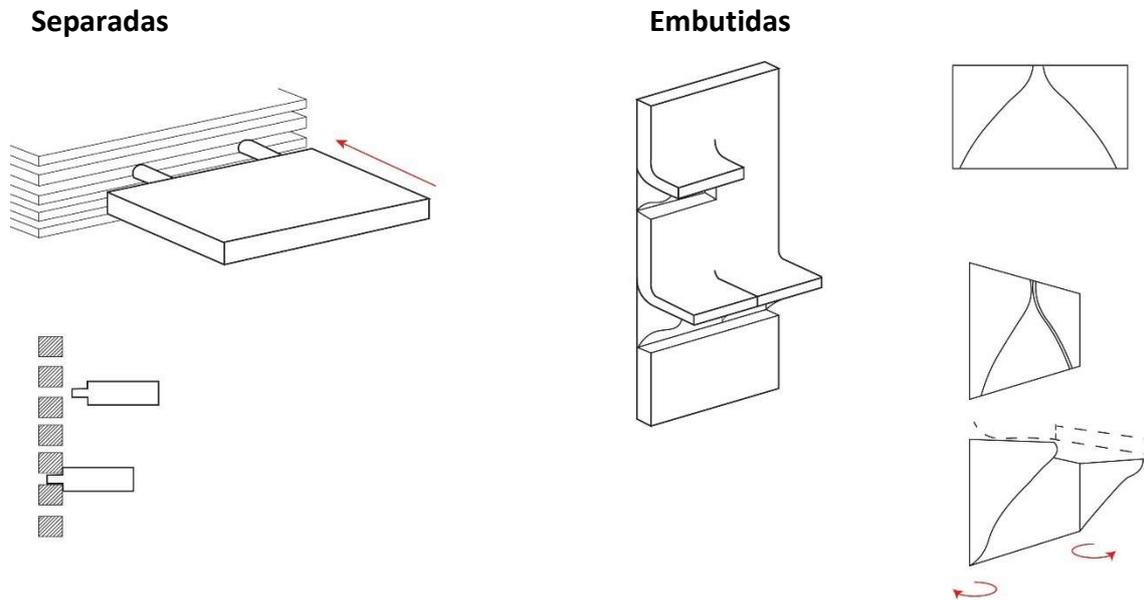


Figura 91: Esboços das prateleiras e montagem

De seguida foram esboçados sistemas para tornar a cadeira e a mesa retrácteis, para simplificar o projecto e evitar um grande número de peças diferentes, é ideal que o sistema funcione da mesma forma para as duas alternativas.

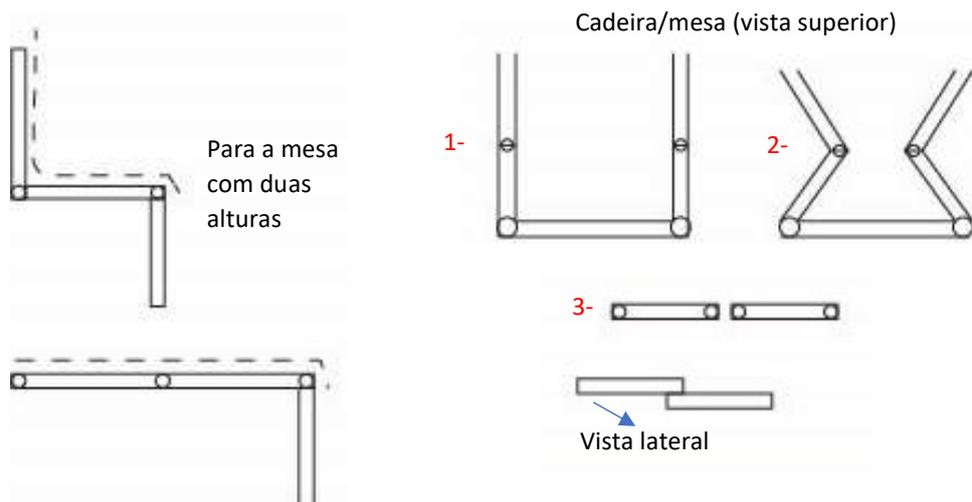


Figura 92: Primeiros esboços dos sistemas de montagem

## Sistema 1

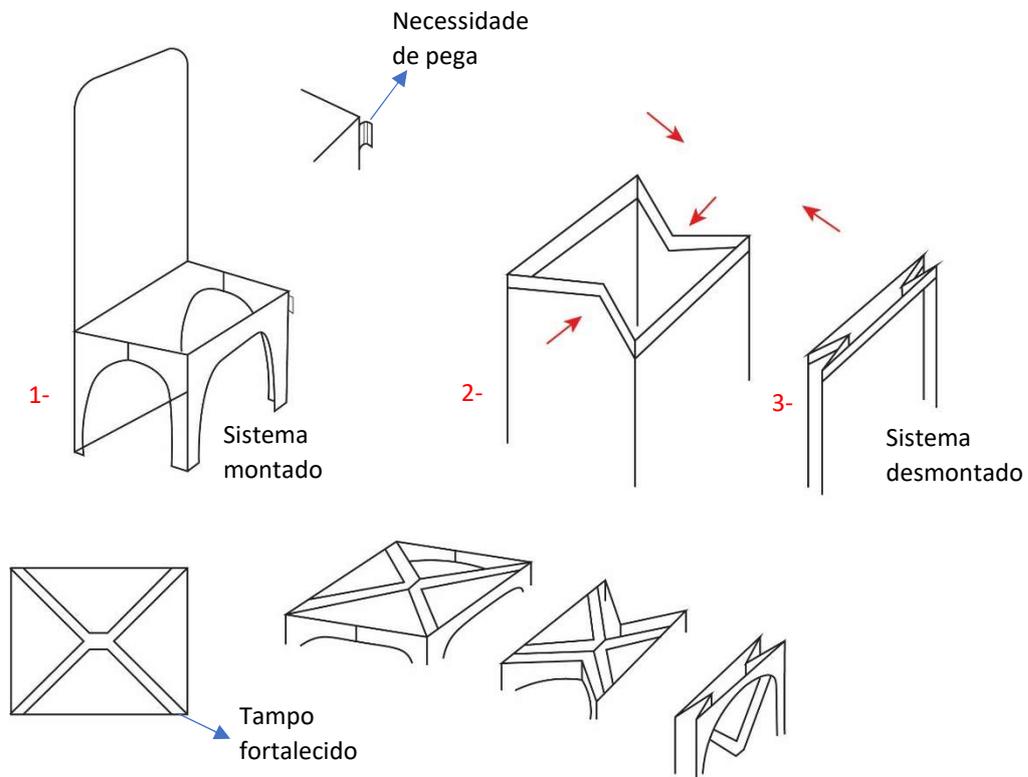


Figura 93: Esboço do sistema 1

## Sistema 2

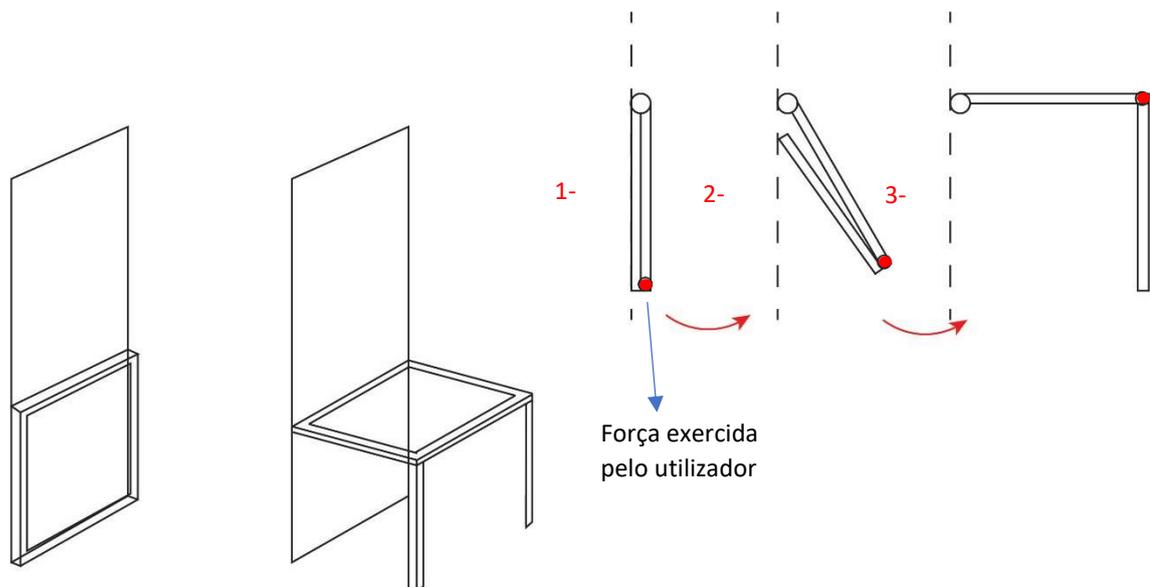


Figura 94: Sistema 2

### 3.6.2 – Selecção de conceito

Para dar seguimento ao projecto, é necessário seleccionar os conceitos que mais se adequam ao produto. Para facilitar este processo, a selecção foi dividida em duas fases: selecção do esquema das prateleiras e selecção do sistema principal da cadeira/mesa.

#### Prateleiras

No caso das prateleiras separadas ou embutidas, foram pesados os prós e os contras de cada opção:

Separadas		Embutidas	
Prós	Contras	Prós	Contras
<ul style="list-style-type: none"><li>- Montagem simples</li><li>- Mais liberdade no número e posicionamento das prateleiras</li><li>- Utilizador apenas adquire as que precisa</li><li>- Design modular</li><li>- Mais barato</li><li>- Esteticamente agradável</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Suporte necessita de ser melhorado</li><li>- Peças separadas</li><li>- Necessidade de incluir as prateleiras desmontadas no módulo</li><li>- Instabilidade e menor capacidade de peso</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Estrutura de suporte mais robusta</li><li>- Mais estável</li><li>- Capacidade para mais peso</li><li>- Base embutida no suporte principal do módulo</li><li>- Não há necessidade de utilizar peças separadas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Montagem mais complexa</li><li>- Número de prateleiras e locais pré-definidos</li><li>- Necessidade de uma estrutura interna mais complexa</li><li>- Efeito visual menos agradável</li><li>- Necessidade de fazer cortes na madeira, mais pontos de suporte para a madeira</li><li>- Mais caro</li></ul>

Depois de delineados os prós e os contras de cada opção, foi decidido que o projecto irá ter as prateleiras em separado, já que o custo é menor, dá mais liberdade ao utilizador, e tem um design modular, que vai de encontro a um dos objectivos do projecto.



Figura 95: Modelo virtual aberto

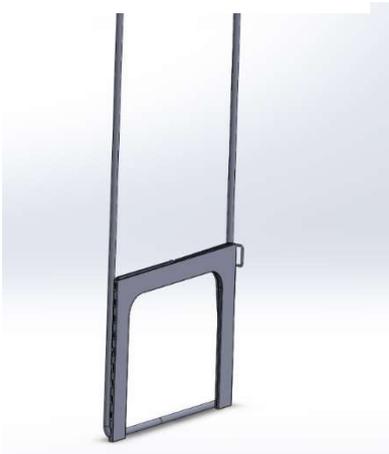


Figura 97: Modelo virtual fechado

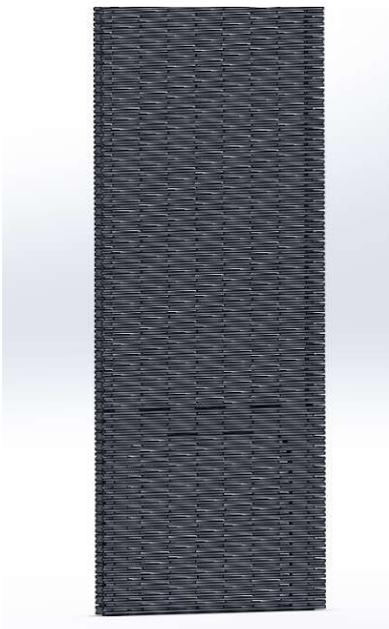


Figura 98: Modelo virtual fechado com placa de madeira

## Sistema principal cadeira/mesa

Com as prateleiras decididas, é necessário determinar o sistema de montagem da cadeira e da mesa. Foi realizado um modelo virtual 3D do sistema 1 em Solidworks de modo a estudar as suas características e o seu funcionamento, como é possível observar nas figuras seguintes.

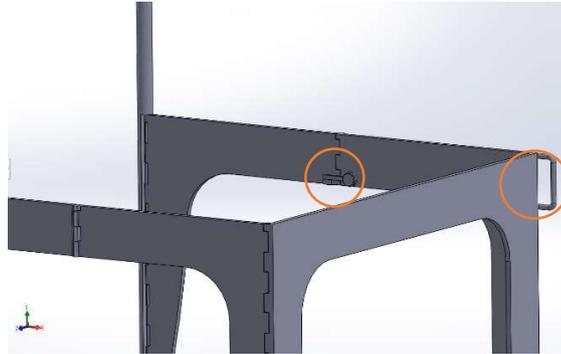


Figura 96: Pormenor da pega e do travão

Durante a realização do modelo 3D deste sistema, foi constatada a necessidade de um travão para que o sistema não se feche com o peso da madeira. Para isto, o utilizador precisa de destravar a cadeira para a poder retrainr. De modo a evitar que o utilizador tenha de colocar a mão no sítio do travão, pois pode sofrer uma lesão, foi criada uma manivela na zona da pega que estaria ligada ao travão (Figura 99). Desta maneira o utilizador poderia destrancar a cadeira sem problema.

Apesar desta solução, foi observado que a força que a madeira faria no sistema da cadeira seria muita para se poder fechar em segurança sem o utilizador exercer muita força. Depois de várias ideias para resolver o problema, como um sistema mecânico que retraísse a cadeira com motor, ou uma perna falsa que suportaria a placa de madeira enquanto o utilizador recolhia os componentes, foi concluído que, para que este sistema resultasse, tornaria o produto muito mais caro e complexo. Devido a estes impedimentos, e para tornar o produto seguro e mais estável, recorreu-se ao sistema 2 anteriormente idealizado.

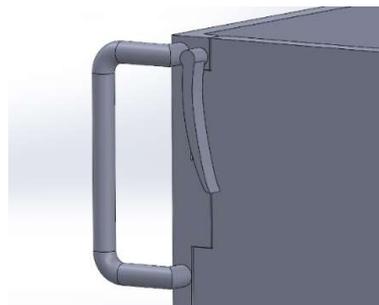


Figura 99: Manivela criada na zona da pega

Este sistema é formado por duas partes, o tampo da cadeira e as pernas dianteiras que são juntas por uma travessa. É montada através da força exercida pelo utilizador na zona dianteira do tampo, devido à gravidade e puxando a travessa, as pernas descem e ficam montadas perpendicularmente com o tampo e o chão.

Desta forma, é necessário colocar um sistema com mola que auxilie as pernas a subir facilmente, e também um sistema de fecho que tranque as pernas de forma segura enquanto a cadeira está montada. Este sistema pode ser utilizado no caso da cadeira e da mesa.

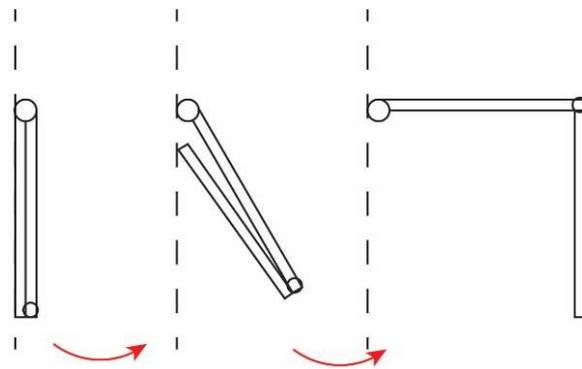


Figura 100: Sistema 2

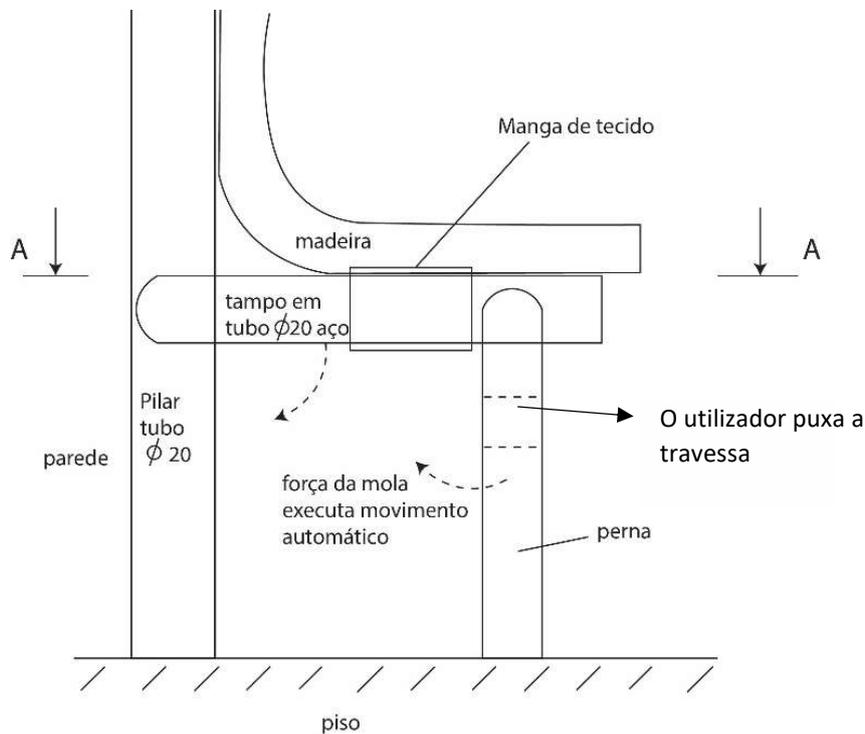


Figura 101: Funcionamento do Sistema 2

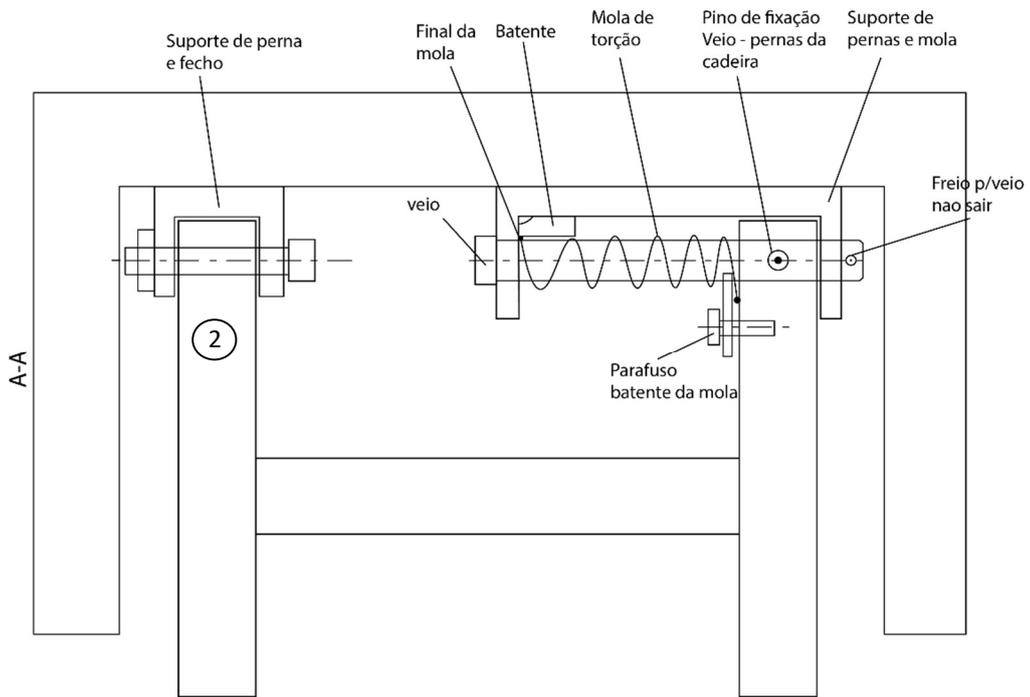


Figura 102: Corte A-A; Sistema de retracção (esquerda) e fecho (direita)

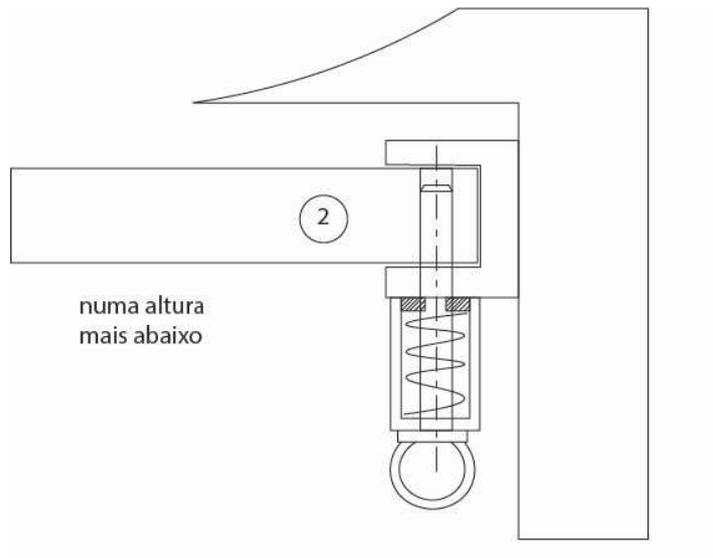
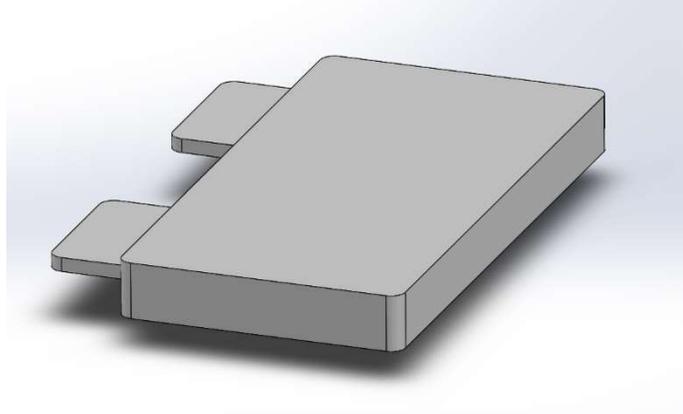


Figura 103: Sistema de fecho com mola para destrancar

Depois de concluído que o Sistema 2 seria a opção mais estável e segura, foi iniciada a sua modelação 3D de maneira a estudar melhor o seu funcionamento.

### 3.6.3 – Exploração do conceito seleccionado

No caso das prateleiras, foi realizada a sua modelação 3D como é representada na Figura 104.



*Figura 104: Modelo virtual da prateleira*

Com o modelo em 3D, procedeu-se à simulação numérica através do Método dos Elementos Finitos, de modo a perceber se os suportes são suficientes dado a sua pequena espessura.

A simulação numérica permite, através de um modelo computacional, representar os acontecimentos que ocorreriam no mundo real, podendo ser analisadas desta forma as consequências e estratégias a aplicar na situação em questão. Por serem simulações computacionais, não necessitam de modelos reais para serem realizadas, poupando tempo e recursos. O Método dos Elementos Finitos é utilizado em problemas onde não existe uma solução exacta que possa ser expressa analiticamente. Consiste na divisão do modelo em análise em pequenas partes com geometrias mais simples, denominadas de elementos, permitindo assim resolver um problema mais complexo ao dividi-lo numa série de problemas simples. Como estas subdivisões têm dimensões finitas, são denominadas de elementos finitos, que deu origem ao nome do método. (De Souza, 2003, pg 1)

Valores colocados nas constantes solicitadas pelo Solidworks para o MDF (placa e prateleiras):

Tabela 6: Valores das propriedades mecânicas do MDF. Fonte: <https://www.makeitfrom.com/material-properties/Medium-Density-Fiberboard-MDF>

Property	Value	Units
Elastic Modulus	4000000000	N/m <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.25	N/A
Shear Modulus	2500000000	N/m <sup>2</sup>
Mass Density	750	kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	18000000	N/m <sup>2</sup>
Compressive Strength	10000000	N/m <sup>2</sup>
Yield Strength	18000000	N/m <sup>2</sup>

\*Nota: *Yield Strength* consiste na quantidade de tensão que um material consegue suportar antes de passar da deformação elástica à deformação plástica. *Tensile Strength* consiste no ponto de rutura do material. Como a deformação plástica do MDF antes da rutura é tão reduzida, já que o material não deforma, foi considerado o mesmo valor para a deformação plástica e para a rutura, pois o programa não efectua a simulação sem este valor especificado. Assim, Yield Strength nesta simulação é considerado como rutura.

Valores colocados nas constantes solicitadas pelo Solidworks para o Aço EN 10025 S235 (estrutura principal):

Tabela 7: Valores das propriedades mecânicas do Aço EN 10025 S235. Fontes: <http://bit.do/fcXnJ> e <http://bit.do/fcXos>

Property	Value	Units
Elastic Modulus	2.1e+11	N/m <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.3	N/A
Shear Modulus	8.1e+10	N/m <sup>2</sup>
Mass Density	7850	kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	45000000	N/m <sup>2</sup>
Compressive Strength		N/m <sup>2</sup>
Yield Strength	235000000	N/m <sup>2</sup>

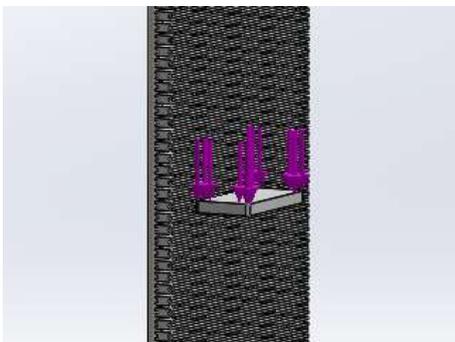


Figura 105: Set-up da simulação

O tipo de simulação utilizada para todos os testes realizados foi a simulação linear estática com materiais isotrópicos. Os tipos de elementos finitos utilizados pelo Solidworks para elementos sólidos é a mesh sólida com elementos 3D tetraédricos.

Para o *set-up* da simulação (Figura 105), foram usadas ligações indicando que as bases dos suportes da prateleira são pousadas no espaço da placa onde a prateleira foi colocada. Para substituir o coeficiente do atrito entre os componentes, foram utilizados conectores nomeadamente “Rigid connectors” entre a estrutura de aço e a placa de MDF. Em termos de forças, foram colocados 147N sobre a prateleira, aproximadamente 15kg.

Os detalhes da mesh criada podem ser observados na Tabela 7:

Tabela 8: Informações sobre a mesh criada

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used	Standard mesh
Automatic Transition	Off
Include Mesh Auto Loops	Off
Jacobian points	4 points
Element size	32.0713 mm
Tolerance	1.60357 mm
Mesh quality	High
Total nodes	204488
Total elements	95957
Maximum Aspect Ratio	54.115
Percentage of elements with Aspect Ratio < 3	9.72
Percentage of elements with Aspect Ratio > 10	10.5
% of distorted elements (Jacobian)	0
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

## Resultados

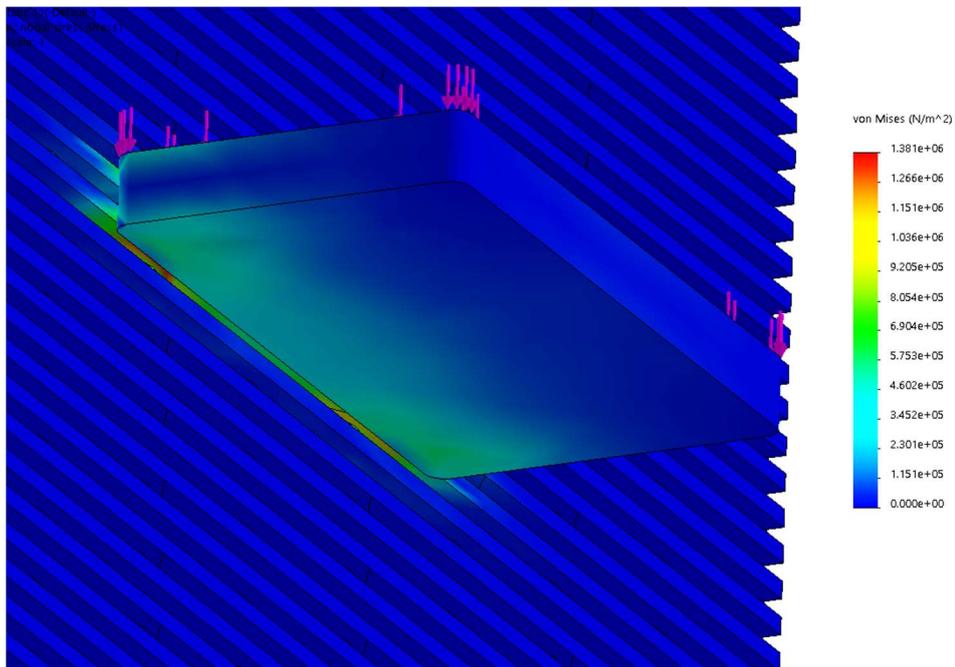


Figura 106: Resultado da simulação e Tensão de Von Mises (vista em perspectiva da parte inferior da prateleira)

Como se pode verificar pela Figura 106, a prateleira suporta 15kg sem grandes problemas. As cores na imagem ajudam a perceber quais são as zonas com maior concentração de tensões, sendo que o vermelho é o mais afectado, e o azul escuro é a área que menos é afectada pelas tensões. O valor máximo da Tensão de Von Mises (1,4 MPa) ficou distante do valor da tensão quando o material entra em rutura (18 MPa). Porém, a tensão máxima ocorreu no local de encaixe da prateleira com a placa de madeira, ao longo do tempo de utilização, esta zona é a mais fraca, e onde irá ceder primeiro.

Para evitar danos na placa de madeira, é necessário libertar essa zona da tensão causada pela prateleira. Desta maneira é essencial melhorar a geometria da peça para que esta possa ser mais estável e resistente. Como pode ser constatado na Figura 107, o peso aplicado na parte superior da prateleira dá origem não só a um esforço cortante,  $R_y$ , mas também a um momento fletor,  $M_f$ , no apoio. Para melhor suportar os efeitos do momento fletor, foram acrescentadas duas peças triangulares na base da prateleira (Figura 108). Desta forma, aumentou-se a área de contacto entre a prateleira e a placa principal, não sendo assim o esforço todo suportado pelo encaixe. Depois dos suportes modelados, foi realizada uma nova simulação para avaliar as alterações.



Figura 107: Esquema do funcionamento das forças na prateleira

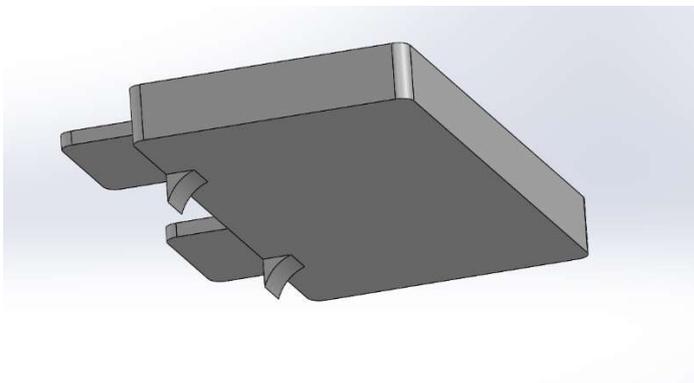


Figura 108: Prateleira com suportes triangulares (vista inferior)

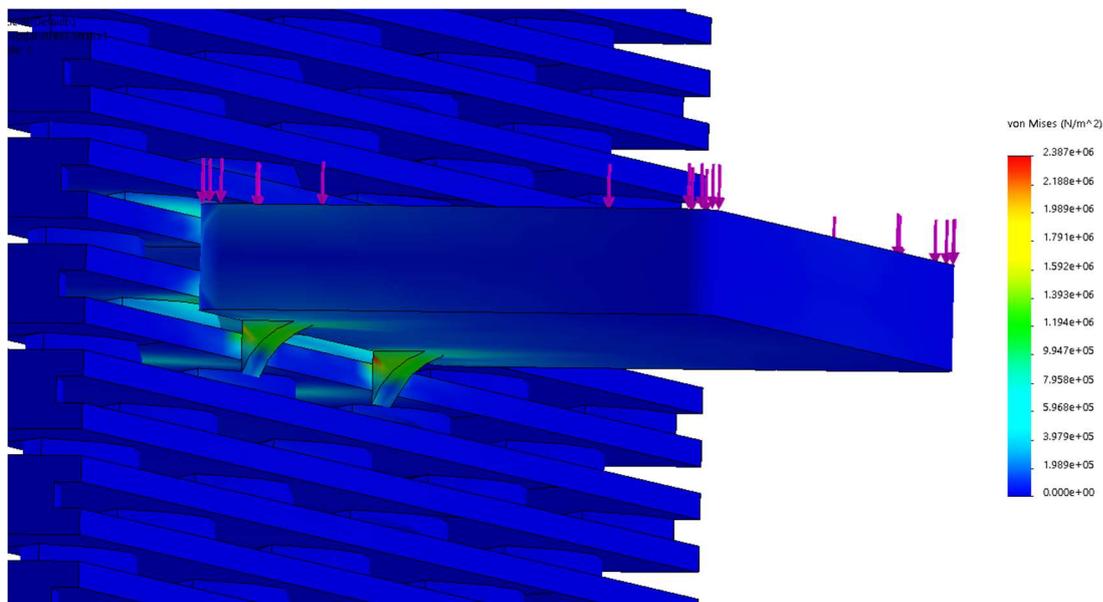


Figura 109: Resultados da simulação com suportes na prateleira (Aproximação da prateleira)

A Figura 109 mostra os resultados da nova simulação, onde é possível verificar que, apesar de o valor máximo da tensão ser mais próximo do valor de rutura do que a simulação anterior (2,8 MPa), este valor encontra-se agora na própria prateleira e não na placa de madeira. Como se pode constatar na Figura 110, o valor máximo de tensão observado acontece na zona dos suportes da prateleira. Para diminuir este valor e de modo a que a tensão seja distribuída com mais eficiência, foi feita uma nova melhoria da sua geometria.

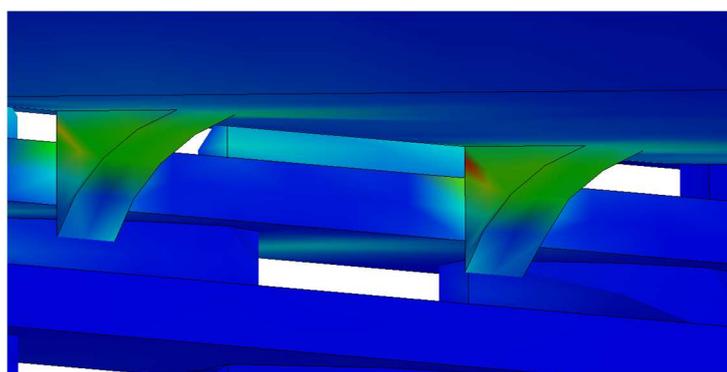


Figura 110: Aproximação da zona dos suportes da prateleira

Com a nova geometria dos suportes definida (Figura 111), foi realizada uma nova simulação com o mesmo *set-up* anterior de modo a avaliar novamente as mudanças.

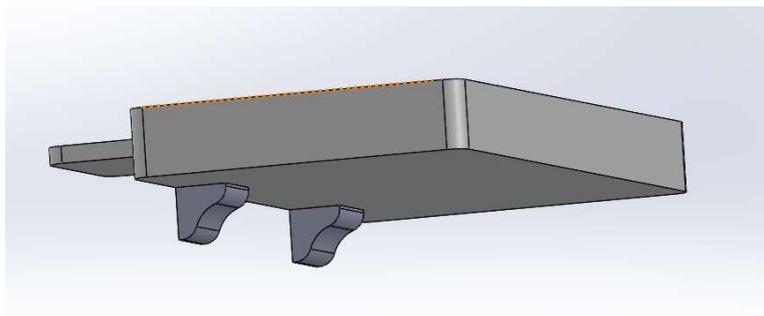


Figura 111: Nova geometria dos suportes

A Figura 112 mostra o resultado da nova simulação depois do fortalecimento dos suportes. Neste resultado é possível verificar que a tensão máxima registada foi de 1,3 MPa, o menor valor alcançado das simulações realizadas com a prateleira. Com uma aproximação à zona dos suportes na Figura 113, pode observar-se que o aumento da altura do suporte fez com que a área de contacto com a placa fosse ainda maior ao chegar a outra parcela de madeira, o que contribuiu para que a tensão fosse mais distribuída.

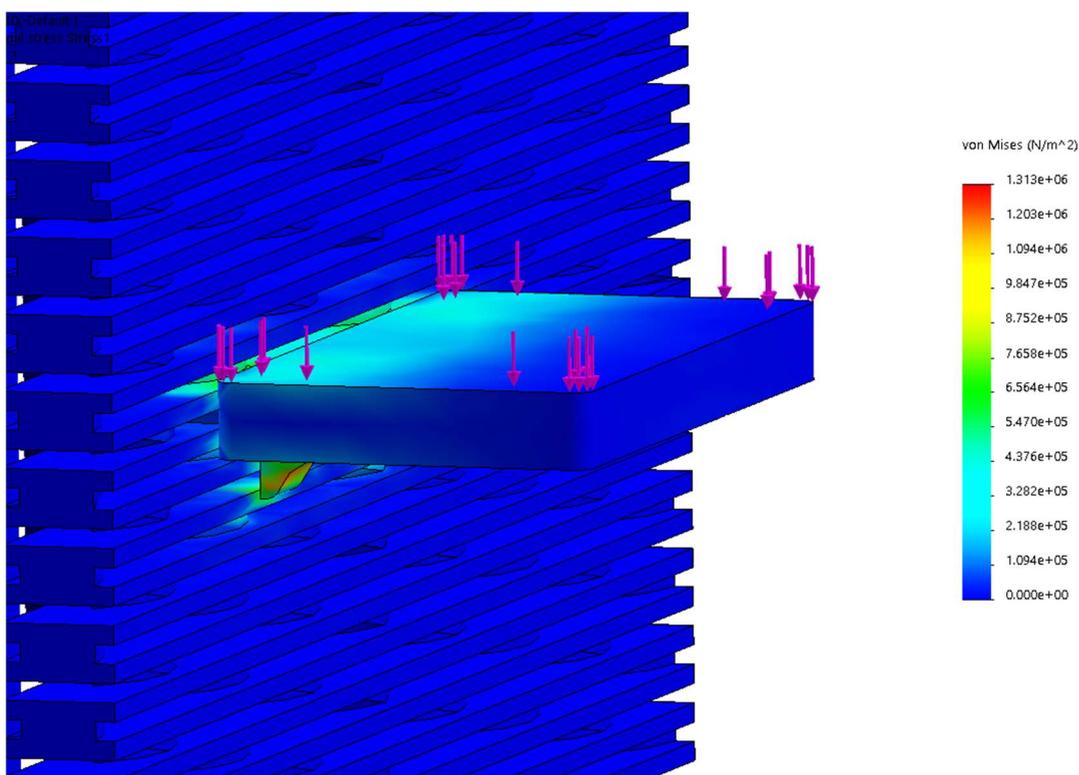


Figura 112: Resultados da simulação com suportes fortalecidos (aproximação da prateleira)

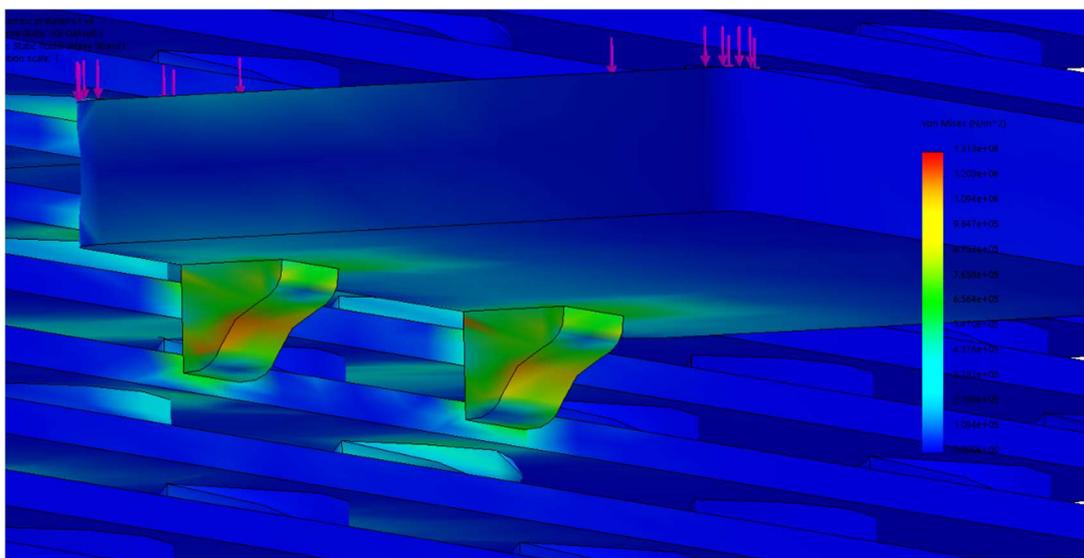


Figura 113: Aproximação aos suportes; suportes alcançam duas parcelas da placa (Vista inferior)

Na realização destas simulações, foi observado que a zona da placa da madeira directamente acima da prateleira tem a tendência para ser projectada para a frente, devido ao peso aplicado na prateleira.

De modo a corrigir este aspecto, foram adicionadas fixações no Solidworks que unem a placa à estrutura principal. Desta maneira, o projecto terá de contar com esta fixação fisicamente. Neste caso, para ligar o metal ao MDF, foi determinada a aplicação de uma cola que seja feita para situações como esta, como por exemplo Cola UHU Fixação Sem Pregos Profissional, que consegue ligar madeira a metal. Assim torna-se mais segura a utilização de várias prateleiras no mesmo módulo. Esta cola será aplicada na extensão do contacto entre a estrutura e o MDF. No caso do módulo da cadeira ou da mesa, a cola será aplicada até cerca de 20cm acima da ligação da estrutura com o tampo.

Depois das prateleiras, foi modelado o Sistema 2 definido anteriormente para os módulos da cadeira e da mesa. Esta modelação passou por um processo de experimentação, testes e alterações dentro do próprio assembly do Solidworks, de modo a chegar a um resultado satisfatório. Uma das primeiras alterações passou pela estrutura principal, de modo a criar mais espaço para os sistemas modelados e a facilitar as fixações entre o MDF e a estrutura, esta foi alterada de modo a ser feita com um tubo rectangular de aço com 40x20mm.

As Figuras 114 e 115 retratam os modelos base da cadeira e da mesa realizados inicialmente.



Figura 114: Modelação da cadeira



Figura 115: Modelação da mesa

Depois da modelação básica terminada, foram realizadas simulações tanto com a cadeira como com a mesa de modo a determinar o peso que o tipo de estrutura modelada suporta.

Nos dois casos, foram usados os mesmos materiais e as mesmas fixações que as simulações da prateleira, o único valor que foi alterado foi o peso aplicado. Estas simulações foram feitas com 150kg. Para estas simulações é importante relembrar que a tensão de cedência do Aço EN 10025 S235 é de 235 MPa.

Segundo a simulação da cadeira (Figura 116), é possível verificar que a estrutura suporta bem os 150kg aplicados, sendo que a zona menos resistente será a junção do tampo com a estrutura principal (Figura 117), onde se detectou uma Tensão de Von Mises de cerca de 15 MPa. A restante estrutura apresenta uma cor azul, sendo correspondente aos valores mais baixos (1,9 MPa). Embora a zona da junção do tampo com a estrutura seja a mais susceptível ao peso, continua com valores bastante abaixo da tensão de cedência.

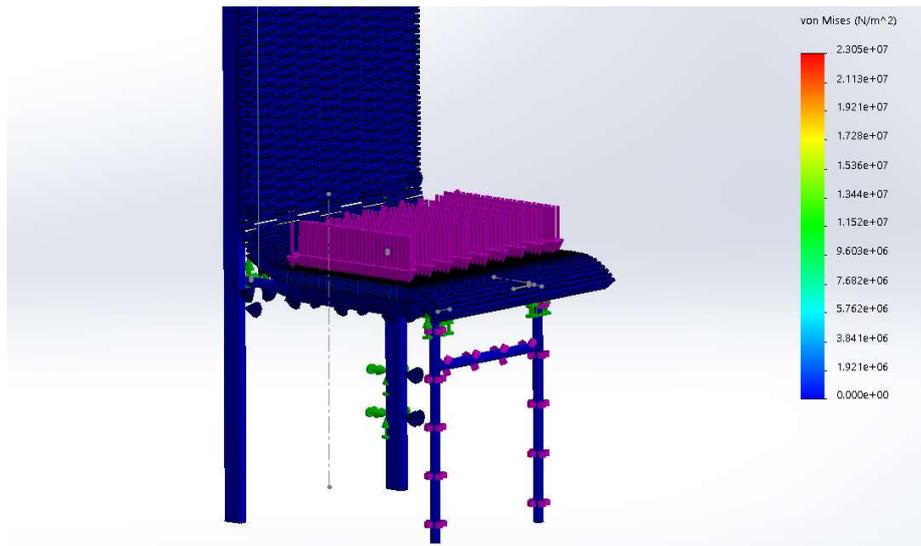


Figura 116: Simulação com a cadeira. 150kg

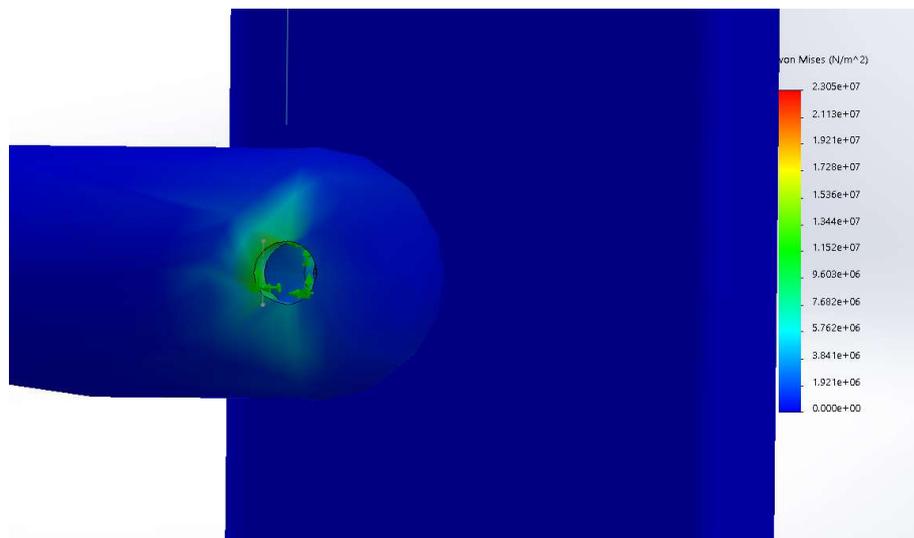


Figura 117: Aproximação da zona menos resistente (Junção do tampo com a estrutura principal)

Foi realizada uma simulação com o mesmo peso ao módulo da mesa de onde se obtiveram os resultados das Figuras 118 e 119.

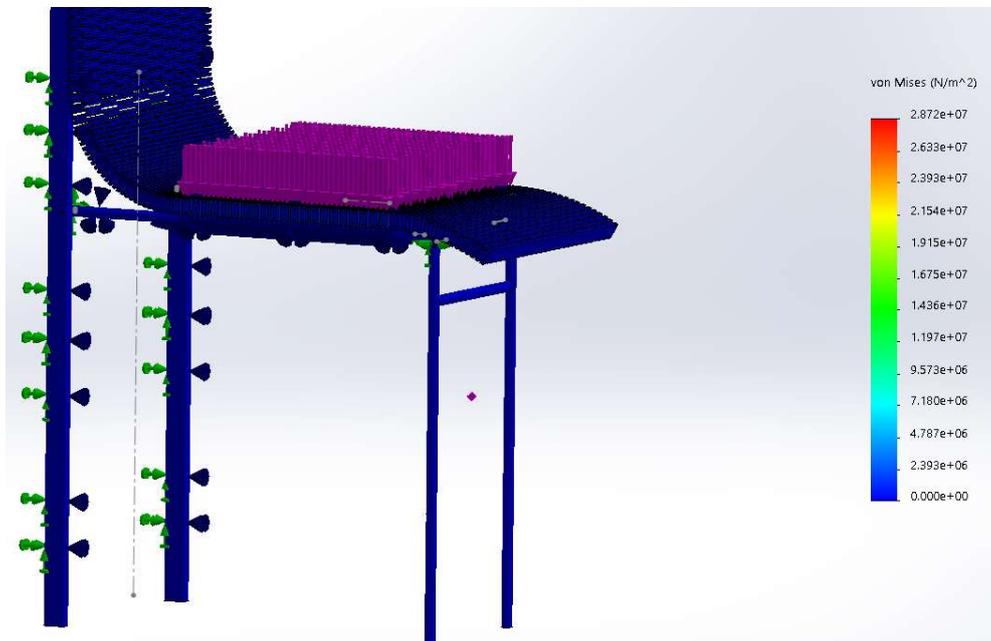


Figura 118: Simulação com o módulo da mesa

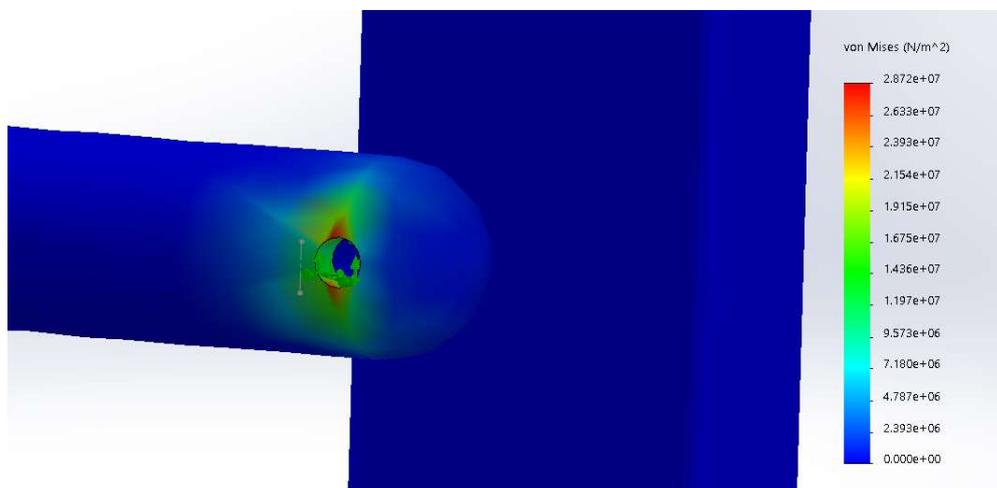
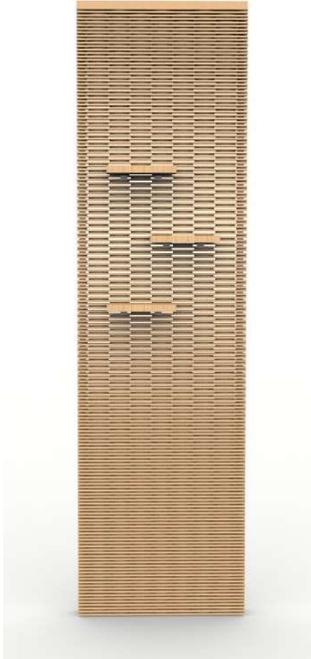


Figura 119: Aproximação da zona menos resistente (Junção do tampo com a estrutura principal)

Como esperado, os resultados foram semelhantes à simulação da cadeira. Embora neste caso, o valor da Tensão de Von Mises mais alto detectado foi de 28 MPa. Mais uma vez, este valor foi observado na zona da junção do tampo com a estrutura principal, sendo que o resto do produto teve muita resistência à força aplicada, pois a Tensão Von Mises mais comum foi de 2,3 MPa.

### 3.6.4 – Proposta conceptual final

Depois dos primeiros esboços e modelos, foi possível chegar aos resultados das figuras seguintes, que representam os módulos criados.



*Figura 121: Módulo simples com prateleiras*



*Figura 122: Módulo com cadeira*



*Figura 120: Módulo com mesa*

## 3.7 – Projecto de Detalhe

### 3.7.1 – Aperfeiçoamento dos sistemas criados

Para facilitar o processo de modelação e posterior classificação de peças, os sistemas mecânicos presentes no produto foram divididos em dois sistemas. O sistema de fecho e o sistema de retracção.

O sistema de fecho é constituído pelo ferrolho e pela chapa de suporte e protecção. Tem como objectivo trancar as pernas quando a cadeira está montada, evitando que esta se feche inesperadamente e contrariando o sistema de retracção. A cadeira/mesa só fecha quando este sistema é destrancado.

O sistema de retracção é constituído por uma mola de torção e dois batentes que estão ligados ao veio de uma das pernas. Este sistema é responsável por fazer com que as pernas se recolham de forma automática quando o sistema de fecho é destrancado. As extremidades da mola estão ligadas aos



Figura 123: Estrutura da cadeira montada sem placa MDF, localização do sistema de fecho



Figura 124: Vista posterior da cadeira montada sem placa MDF, localização do sistema de fecho

batentes, quanto um destes roda com as pernas, a mola tenta puxá-los à sua posição inicial. O binário exercido pela mola deixa de ser contrariado quando o fecho é destrancado, isto faz com que a mola possa voltar à sua forma original, fazendo com que as pernas recolham.

Estes sistemas funcionam de igual maneira e com os mesmos componentes para a cadeira e para a mesa, em que a diferença se encontra no tipo de mola utilizada no sistema de retracção da mesa que será adaptada à estrutura mais pesada.

### Funcionamento do Sistema de Fecho:

Para abrir e fechar as pernas do módulo, são necessários 4 passos: (alguns componentes na imagem foram postos transparentes ou invisíveis para melhor percepção da mola do interior do ferrolho) Para compreender melhor a sequência de imagens seguinte, é mostrada a sua localização no produto nas Figuras 123 e 124 pela circunferência a vermelho.

#### Passo 1: Perna fechada com o ferrolho fechado

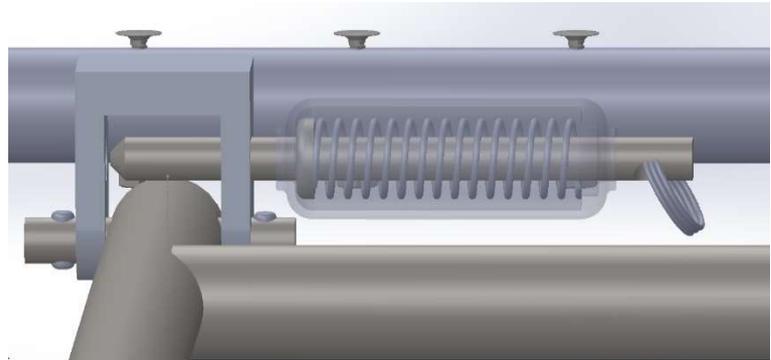


Figura 125: Ferrolho fechado (vista posterior da cadeira)

#### Passo 2: Abrir o ferrolho puxando pela anilha

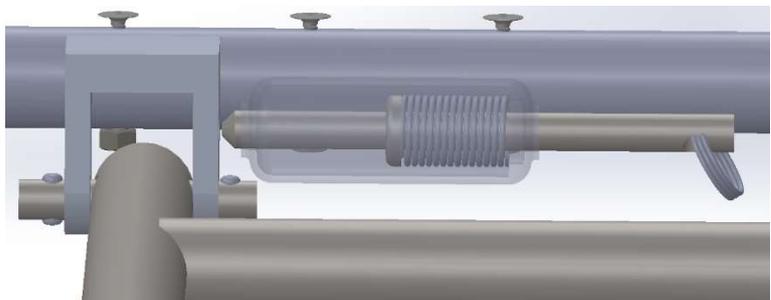


Figura 126: Ferrolho aberto (vista posterior da cadeira)

### Passo 3: Colocar pernas a 90° com o tampo

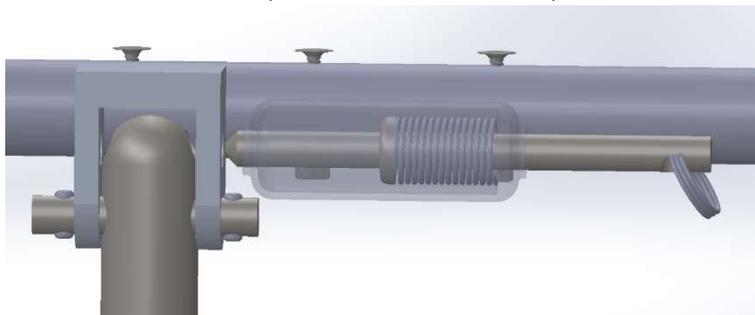


Figura 127: Ferrolho aberto com perna aberta (vista posterior da cadeira)

### Passo 4: Fechar ferrolho

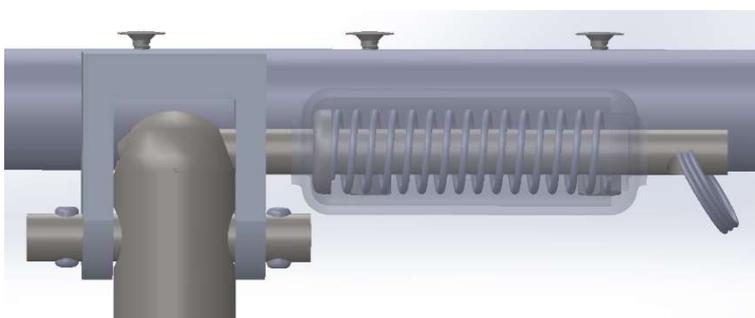


Figura 128: Ferrolho fechado com perna montada (vista posterior da cadeira)



Figura 129: Vista frontal da cadeira sem placa MDF, localização da peça criada no veio.

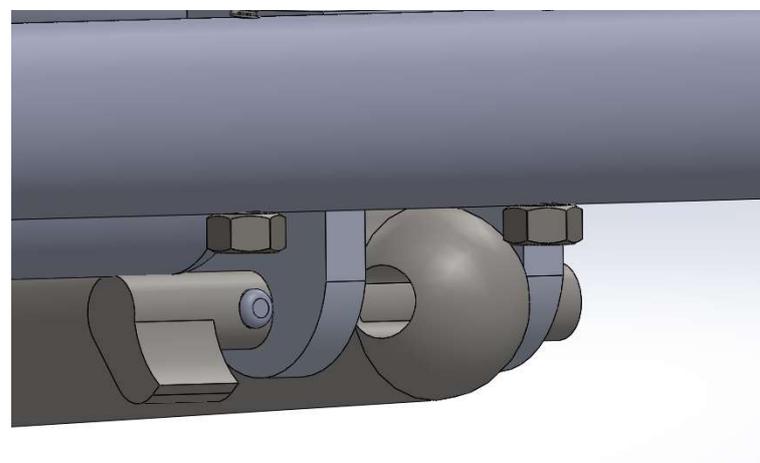


Figura 130: Perna Fechada (vista frontal sem chapa protectora)



Figura 133: Estrutura da cadeira montada sem placa MDF, localização do sistema de retracção



Figura 134: Vista posterior da cadeira sem placa MDF, localização do sistema de retracção.

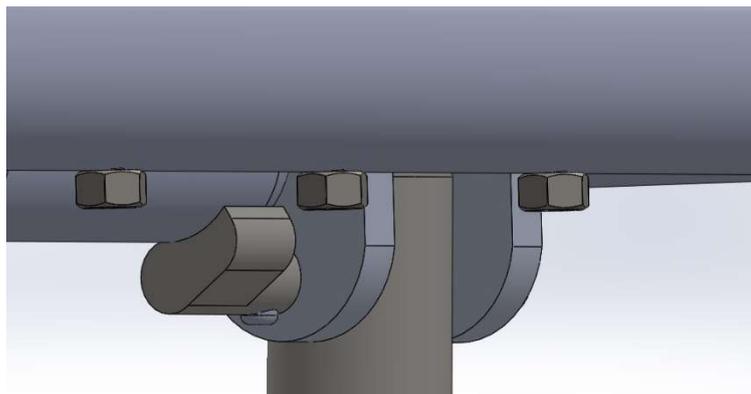


Figura 131: Perna montada, momento em que o acrescento do veio entra em contacto com o ferrolho e trava a perna. (vista frontal sem chapa protectora)

### Funcionamento do Sistema de Retracção:

As Figuras 133 e 134 mostram a localização do sistema de retracção representado nas Figuras 132 e 135. A Figura 132 ilustra a posição inicial da mola, com as pernas fechadas. As pontas da mola estão em contacto com os batentes, um situado na perna, e o outro situado na peça de suporte. Nesta situação, a mola não está a exercer força rotativa.

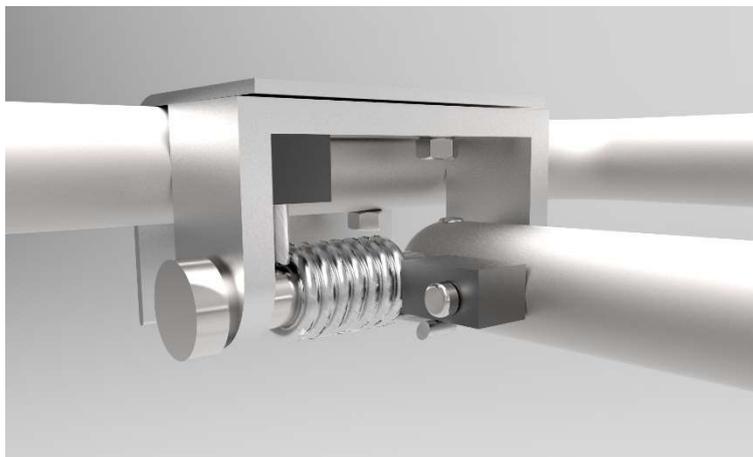


Figura 132: Posição Inicial da mola

Quando as pernas são montadas, o batente da perna empurra a ponta da mola, e esta torce até que as pernas rodem 90°. Este sistema permanece como está representado na Figura 135 até que o ferrolho da outra perna seja destrancado. Assim a força da mola deixa de ser contrariada, e as pernas voltam a fechar-se.

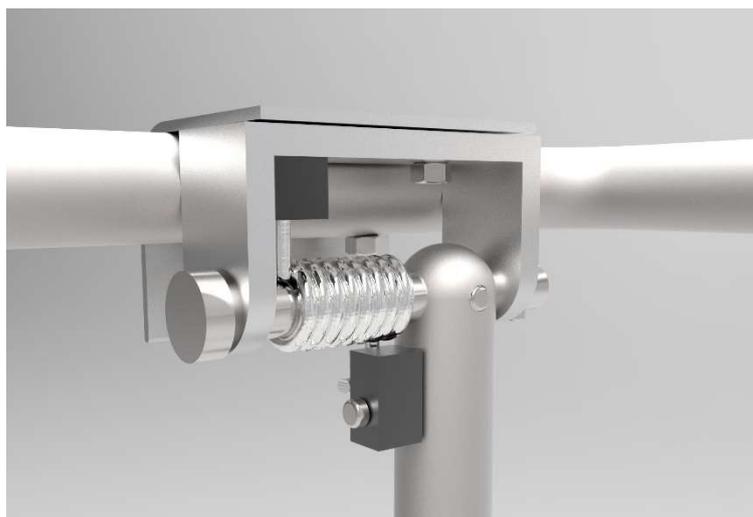


Figura 135: Perna montada com o ferrolho trancado

### Fixações

Em relação às fixações necessárias para este produto, foram definidas buchas, parafusos e colas.

No caso das buchas metálicas, estas são utilizadas na fixação da estrutura à parede. Como é um produto que terá de suportar com pesos consideráveis, foi estabelecido que a fixação à parede será por meio de buchas PB Parabolt (Figura 137). Foram preparados 10 furos de 43 em 43 cm ao longo da estrutura principal para a aplicação destes componentes.



Figura 136: Localização do pormenor da estrutura na figura 137.

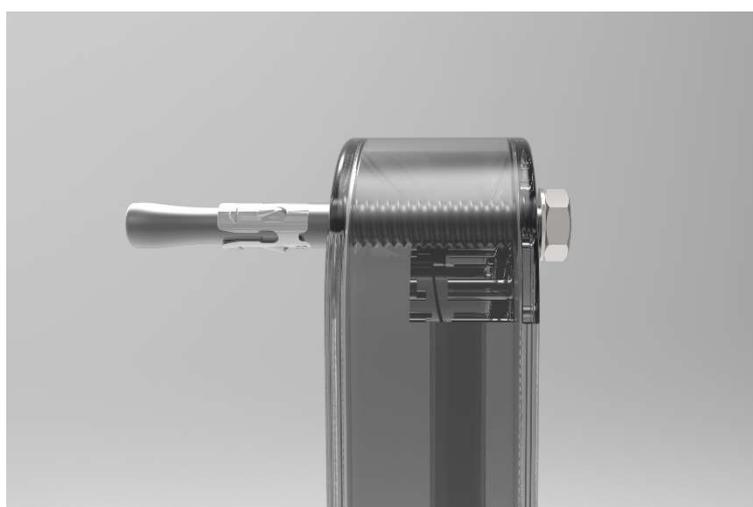


Figura 137: Bucha montada na estrutura

Foi definida a utilização de duas colas neste projecto. A primeira, Cola PVA para madeira para uma melhor fixação dos componentes da prateleira (encaixes e suporte). Para facilitar a

colagem destes componentes foram modelados cortes e encaixes na base da prateleira como é possível ver na Figura 138.

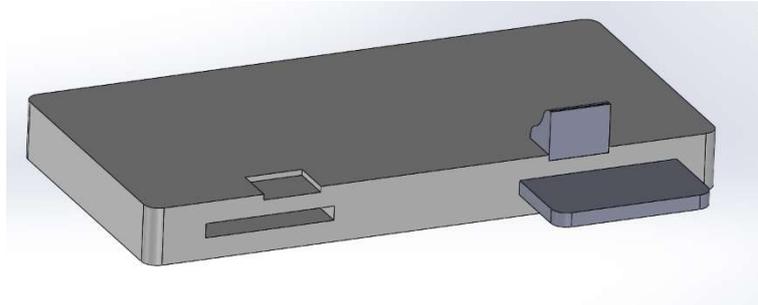


Figura 138: Corte e encaixe na prateleira.

Como referido anteriormente, para a fixação do MDF à estrutura principal, será usada cola para esse efeito como por exemplo UHU - Fixação Sem Pregos Profissional, ou outra que também se adequa aos materiais. As restantes fixações serão feitas por parafusos de diversos tamanhos e as fixações permanentes serão por soldadura.

#### Componentes adicionais

Durante a idealização e modelação do produto, foi constatado que a placa de madeira poderia não dobrar naturalmente com o movimento da estrutura interna, pela natureza lisa do metal polido. Para evitar que a madeira escorregue ou se mova quando a estrutura interna está montada, foram colocadas duas mangas de tecido de 10cm (4 no caso da mesa). Isto faz com que haja atrito entre a madeira e o metal, o que dificulta o movimento da placa de madeira. (Figura 140)

Estas mangas de tecido estão fixadas no tampo através de parafusos.



Figura 139: Localização da manga de tecido



Figura 140: Manga de tecido em baixo da placa de madeira

No caso das chapas que suportam os sistemas de fecho e retracção, foi adicionada uma extensão que cobre estes sistemas quando a cadeira/mesa está montada (Figura 141). Desta maneira, para além de o mecanismo não ficar à vista, evita também que o utilizador coloque as mãos sem querer. Esta extensão também “guia” o utilizador à anilha do ferrolho, sendo o único componente directamente acessível e visível deste ângulo, como se pode ver na Figura 143.



Figura 142: Localização dos pormenores demonstrados nas figuras 141 e 142

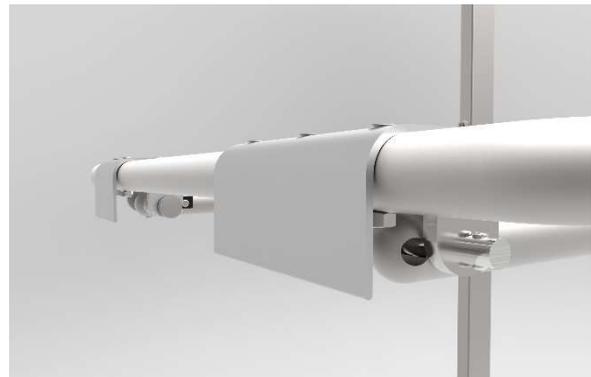


Figura 141: Acrescento nas chapas

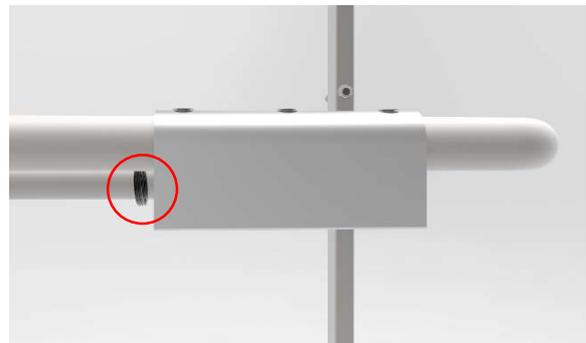


Figura 143: Localização da anilha do ferrolho

### 3.7.2 – Prototipagem virtual final: CAD 3D

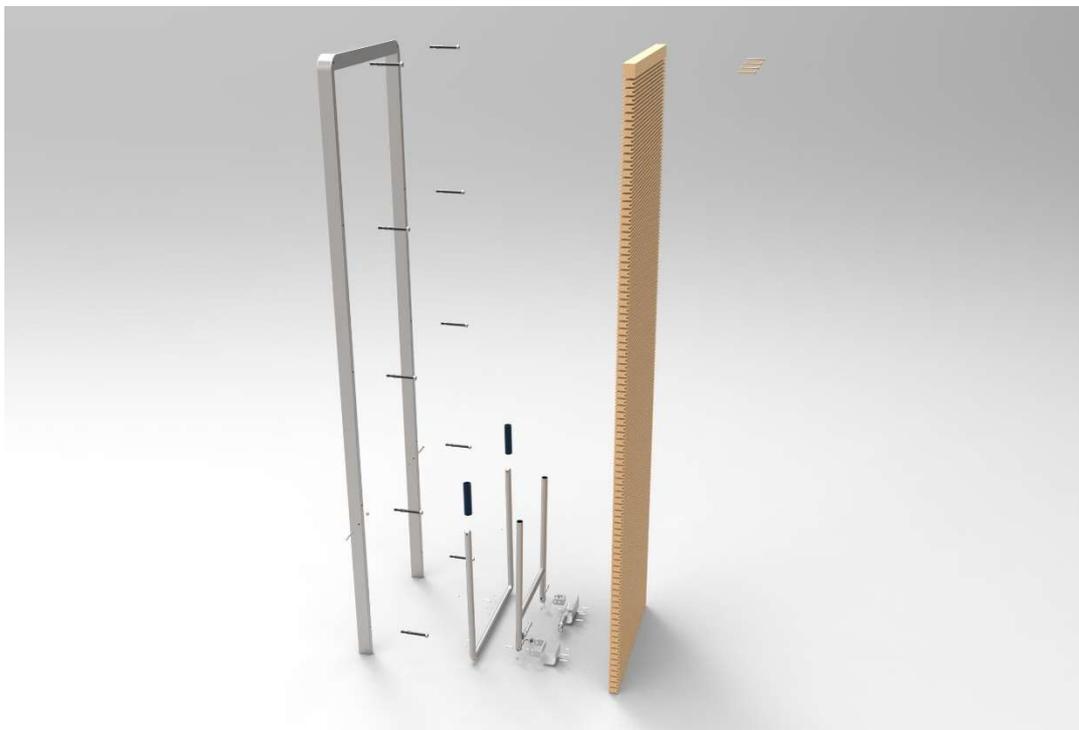


Figura 144: Perspectiva explodida do módulo da cadeira

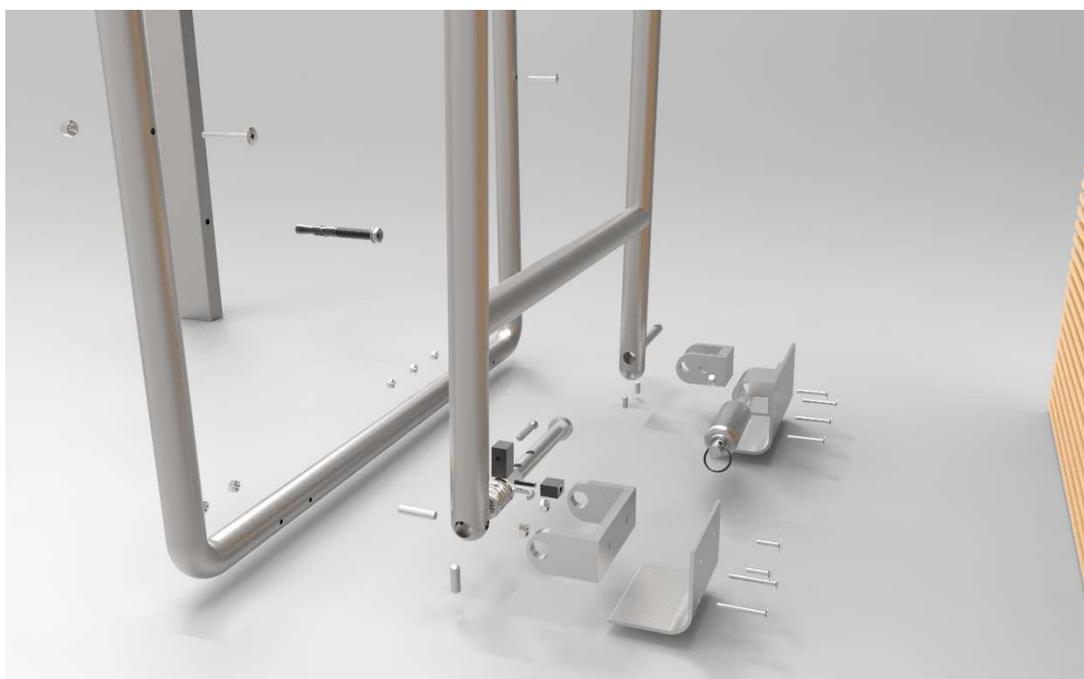


Figura 145: Pormenor dos sistemas em perspectiva explodida

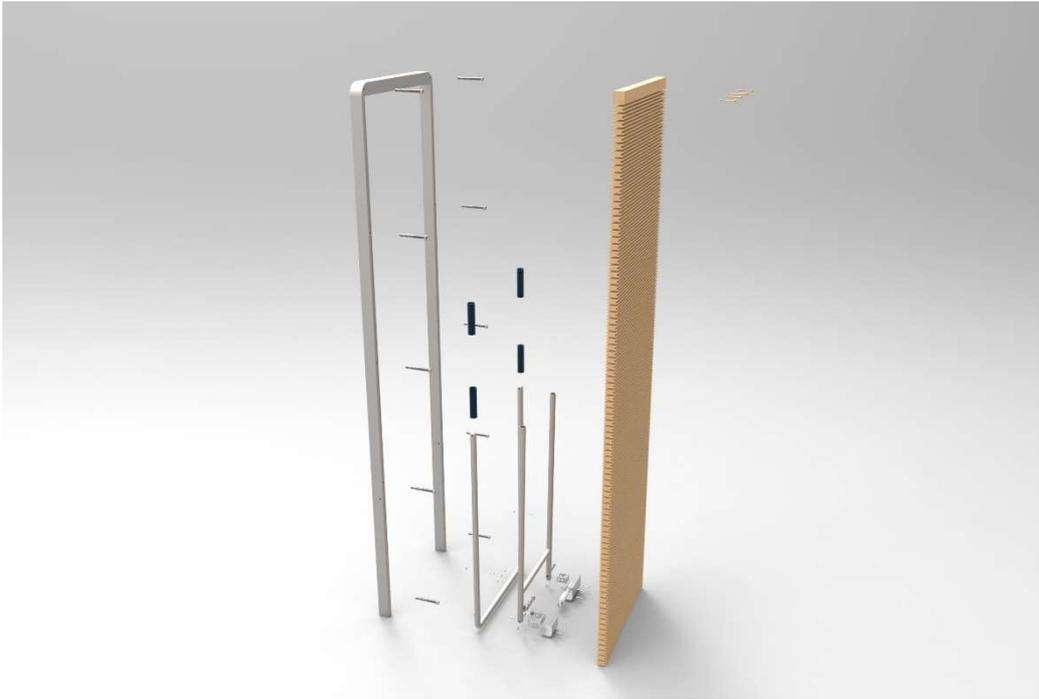


Figura 146: Perspectiva explodida do módulo da mesa

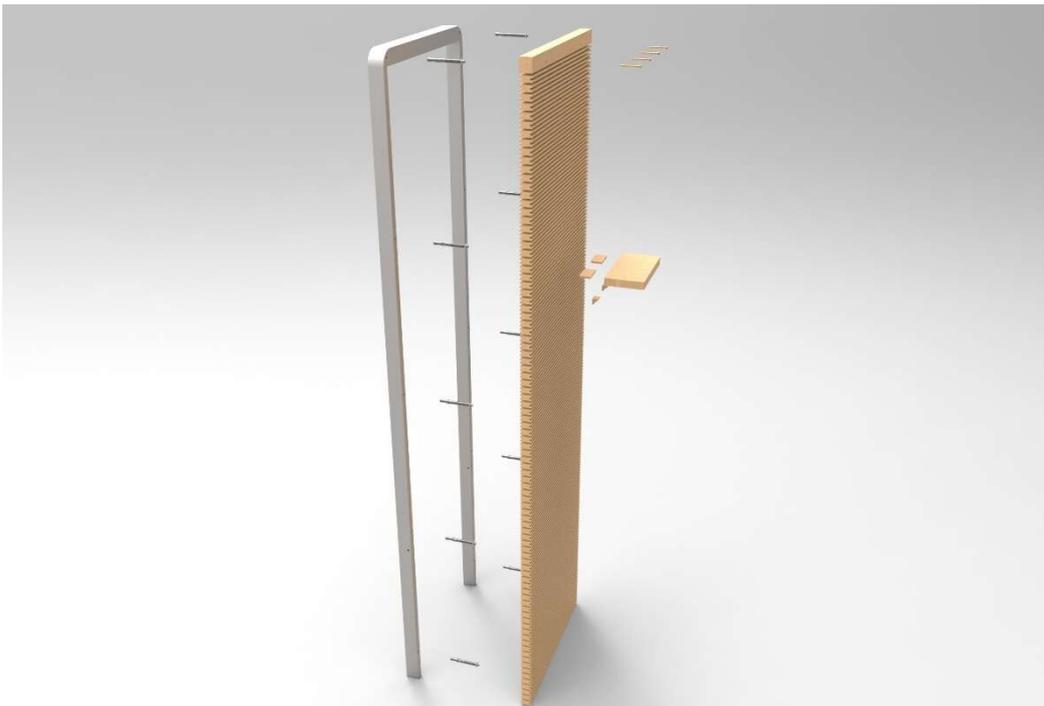


Figura 147: Perspectiva explodida do módulo simples com uma prateleira

## 3.8 – Apresentação do Produto

### 3.8.1 – Considerações Gerais

O produto final criado tem como nome **WoodFlex**.

**WoodFlex** é constituído por 3 módulos independentes que podem ser usados em separado ou em conjunto conforme as necessidades do utilizador.

O módulo 1 é um módulo simples, sem estrutura interna, que pode servir apenas como painel acústico e estante quando montadas prateleiras. As figuras seguintes retratam o módulo no seu estado simples e montado com três prateleiras.

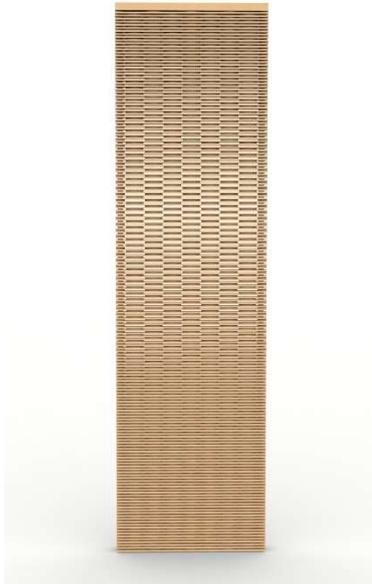


Figura 149: Módulo 1 simples

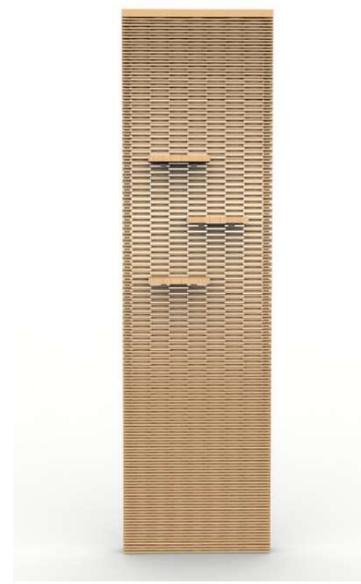


Figura 148: Módulo 1 com 3 prateleiras

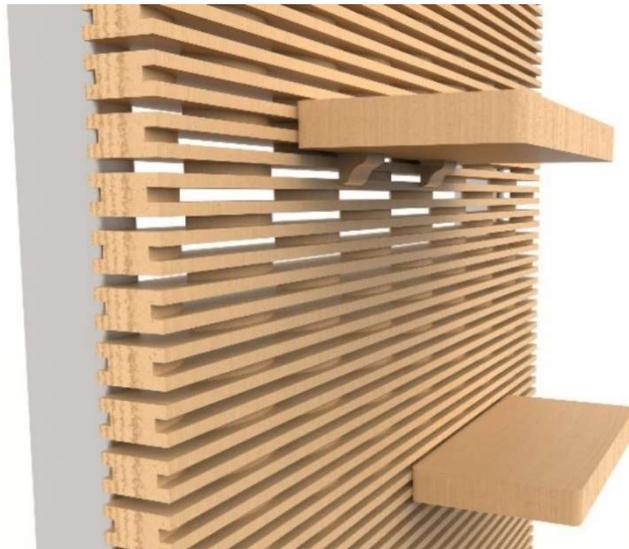


Figura 150: Imagem aproximada das prateleiras

O módulo 2 é uma cadeira, que quando desmontada serve também como painel acústico e com a estrutura interna montada, forma uma cadeira com 50cm de altura. Este módulo pode também ser utilizado com prateleiras.



*Figura 151: Sequência de montagem da cadeira*



*Figura 152: Exemplo de utilização do módulo da cadeira com prateleiras*

O módulo 3 é uma mesa, à semelhança dos restantes módulos, quando desmontada, é um painel com propriedades acústicas e estéticas, e quando a estrutura interna é montada, forma uma mesa com 70cm de altura. É também possível de ser utilizado com prateleiras montadas.

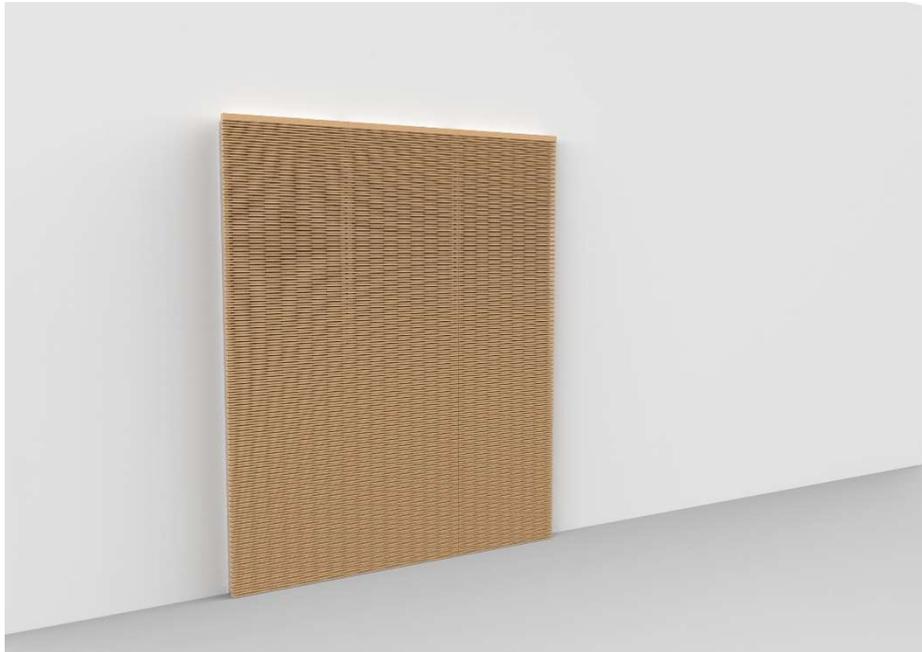


Figura 153: Sequência de montagem da mesa



Figura 154: Exemplo de utilização do módulo da mesa com prateleiras

Estes módulos são montados na parede, e juntos, tornam-se um único painel, ideal para espaços pequenos com o objectivo de serem multifuncionais.



*Figura 155: 3 módulos em painel*



*Figura 156: 3 módulos montados*

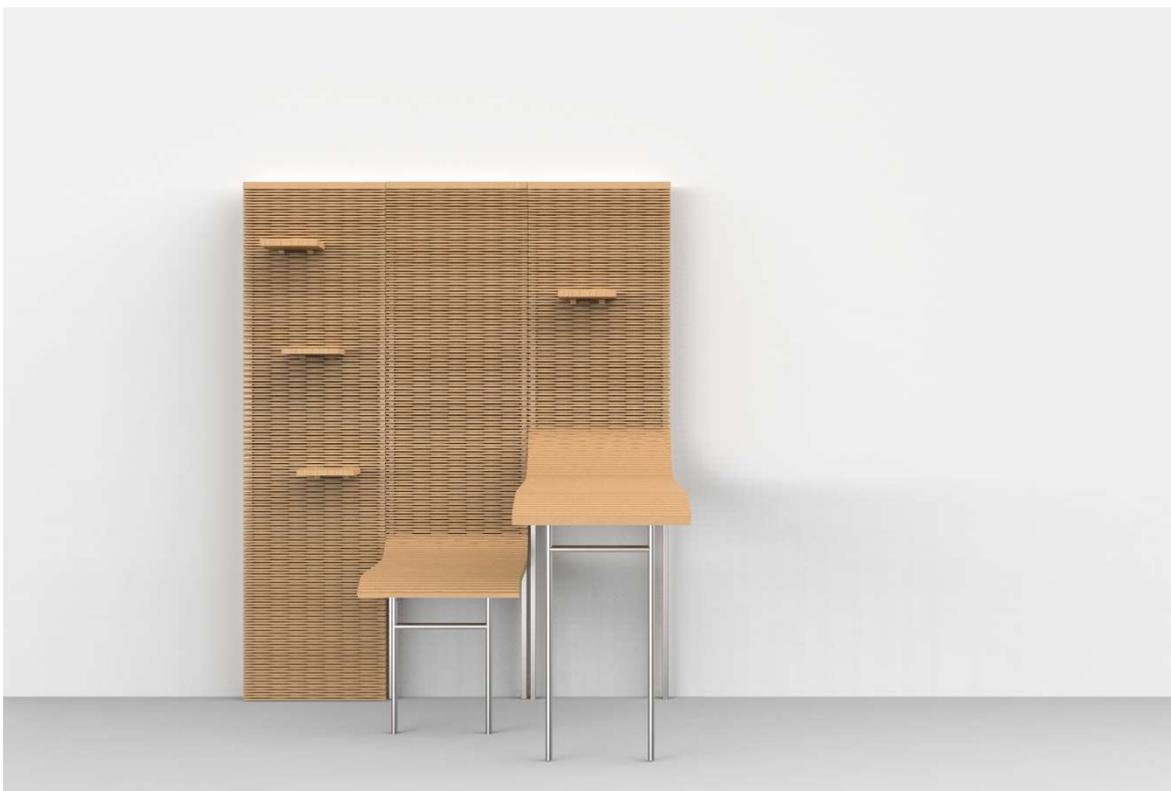


Figura 157: 3 módulos montados

### 3.8.2 – Pormenores técnicos

**WoodFlex** tem uma altura total de 184cm e 50cm de comprimento. A sua largura varia conforme o módulo e a sua configuração, sendo que a largura mínima (fechado) é de 7cm e máxima (mesa aberta) é cerca de 90cm.

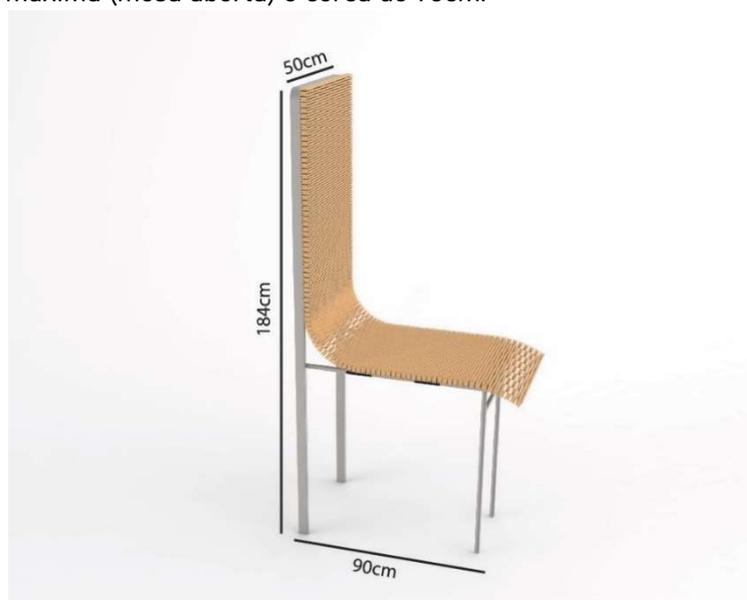


Figura 158: Medidas gerais do módulo mesa montado

No Anexo A pode ser consultada a lista total dos componentes necessários à construção do produto. Nesta lista encontram-se as informações sobre os componentes não formalizados e que por isso seriam fabricados, assim como os seus desenhos técnicos presentes no Anexo B.

Para determinar as fixações e peças formalizadas a utilizar no projecto, foi necessário recorrer a catálogos de modo a verificar quais as melhores opções para o produto e por consequente, as informações das peças. Foram consultados 5 catálogos:

- Lesjöfors Springs
- InduFix Parafusos e Porcas
- Index Fixing Systems
- Moises e Freitas
- Intec Parafusaria e Fixações

Os detalhes das suas dimensões e vistas são apresentadas no Anexo B no final do documento.

### 3.8.3 – Escala Humana

O objectivo da criação de **WoodFlex** é a sua utilização pelo ser humano, tendo sido consideradas as medidas ergonómicas e antropométricas como referências no desenvolvimento do produto. Desta maneira, para interpretar o contexto de uso é necessário considerar a escala humana. As seguintes imagens ilustram a utilização de **WoodFlex** por pessoas e o seu tamanho e relacionamento com o produto.



Figura 159: Figura humana; utilização da secretária e cadeira ©Montagem de Ana Costa



Figura 160: Pessoa a montar a prateleira ©Montagem de Ana Costa



Figura 161: Mão na prateleira ©Montagem de Ana Costa



Figura 162: Montagem da cadeira ©Montagem de Ana Costa



Figura 163: Pessoa sentada no módulo da cadeira ©Montagem de Ana Costa



Figura 164: Utilização da secretária ©Montagem de Ana Costa

### 3.8.4 Contexto de uso

Como referido anteriormente, **WoodFlex** é ideal para a utilização em espaços pequenos, pelo que é indicado para a aplicação numa sala ou num quarto, sendo um painel ou uma estante para ocupar pouco espaço, e uma cadeira e mesa apenas quando necessário. A sua utilização depende também da quantidade e o tipo de módulos a serem aplicados, pois será consoante a necessidade do utilizador. Sendo que a madeira é o material dominante visualmente no produto, este oferece uma sensação de conforto ao espaço. A madeira pode também ser personalizada para este produto.

Seguidamente apresentam-se alguns contextos em que o produto pode ser inserido, designadamente: em salas, cozinhas e quartos de diferentes dimensões.



Figura 165: WoodFlex inserido numa sala ©Montagem de Ana Costa



*Figura 166: WoodFlex inserido num espaço sala/cozinha ©Montagem de Ana Costa*



*Figura 168: WoodFlex com cadeira montada ©Montagem de Ana Costa*



*Figura 167: WoodFlex com cadeira e mesa montadas ©Montagem de Ana Costa*

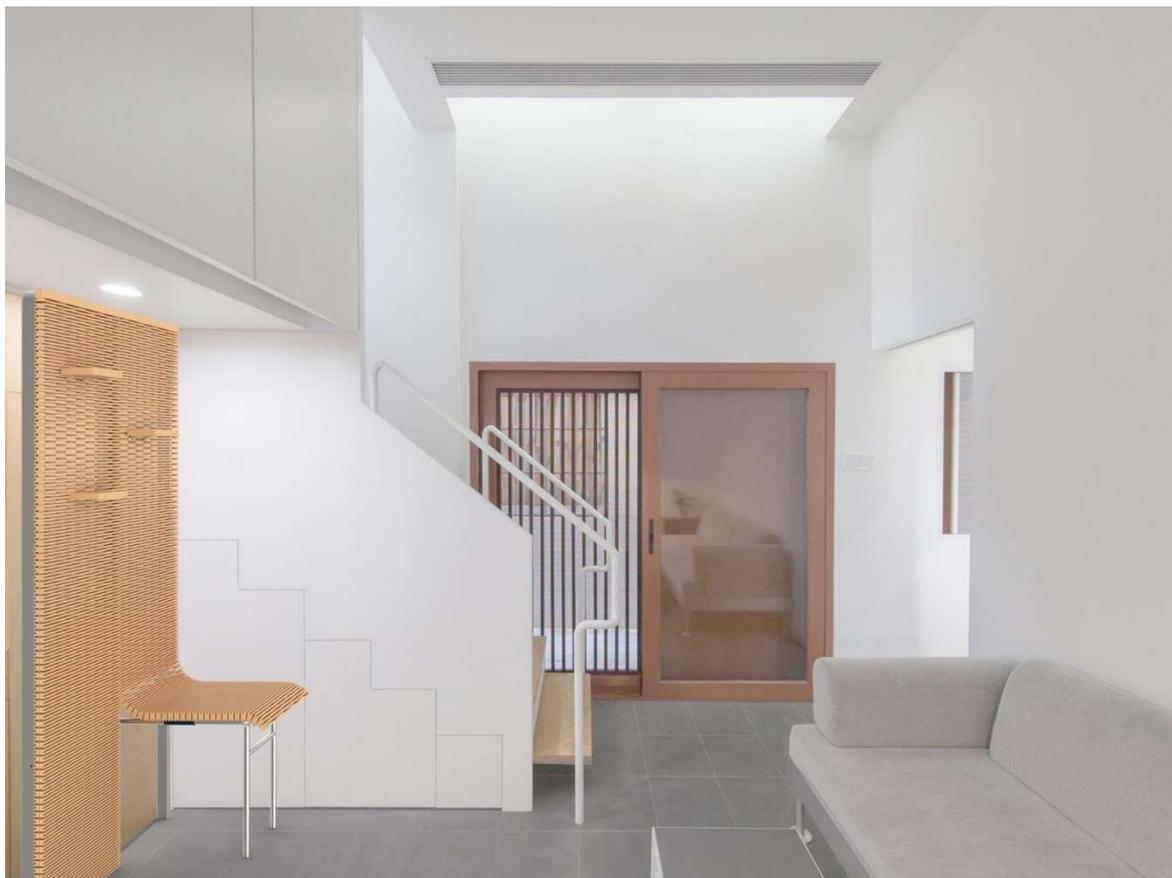


Figura 169: WoodFlex inserido numa sala pequena ©Montagem de Ana Costa

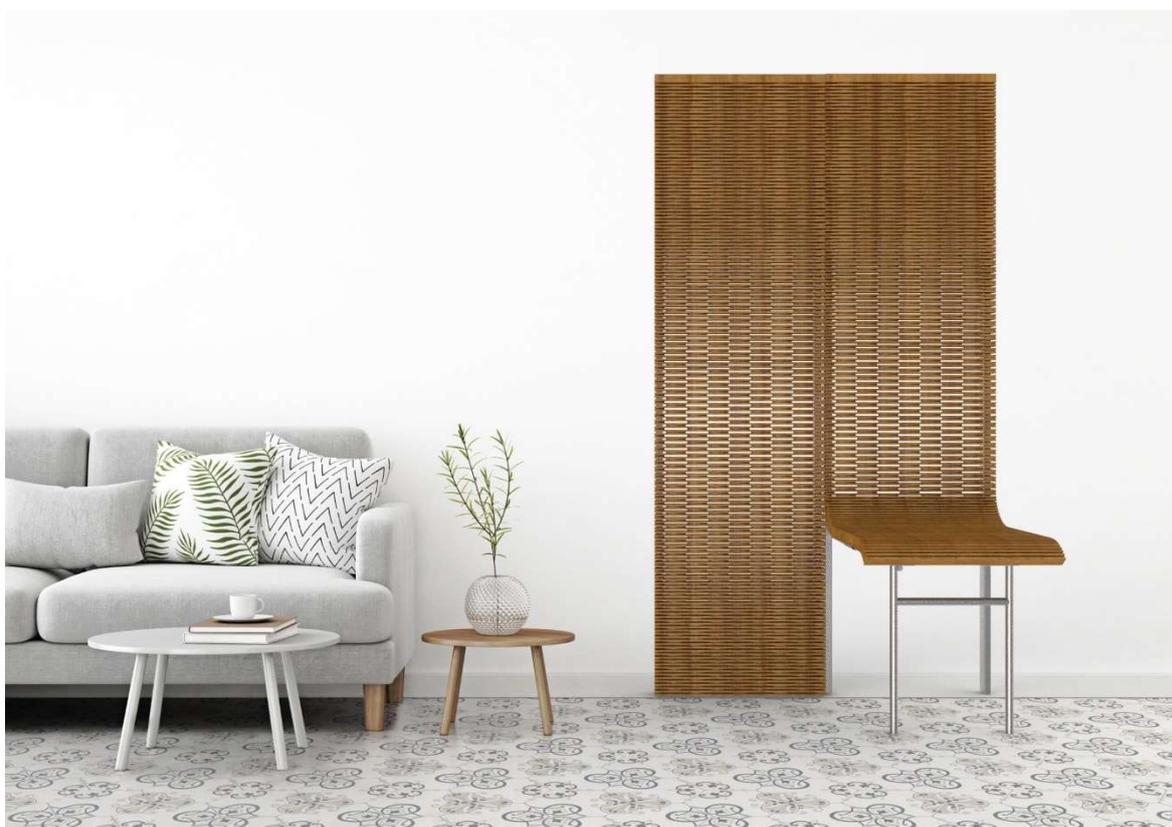


Figura 170: WoodFlex inserido em sala ©Montagem de Ana Costa

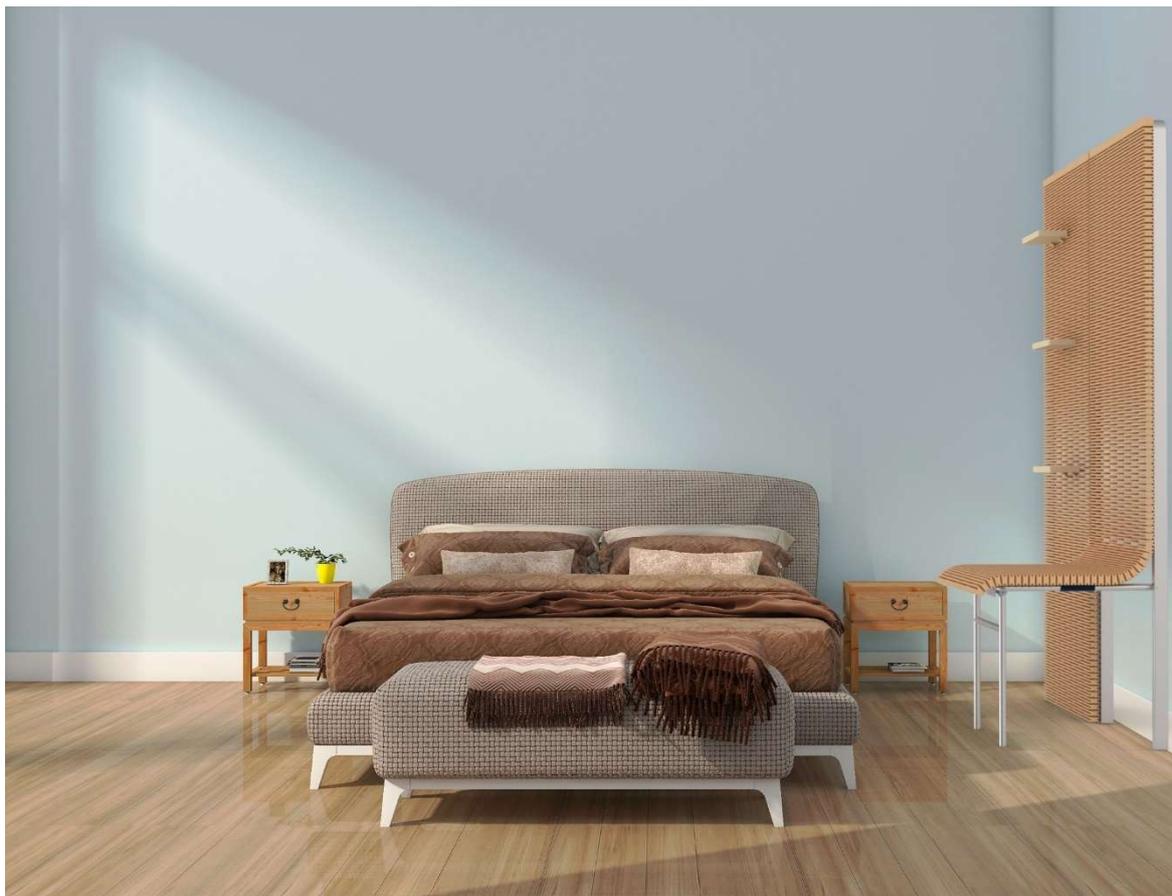


Figura 171: Utilização de dois módulos num quarto ©Montagem de Ana Costa

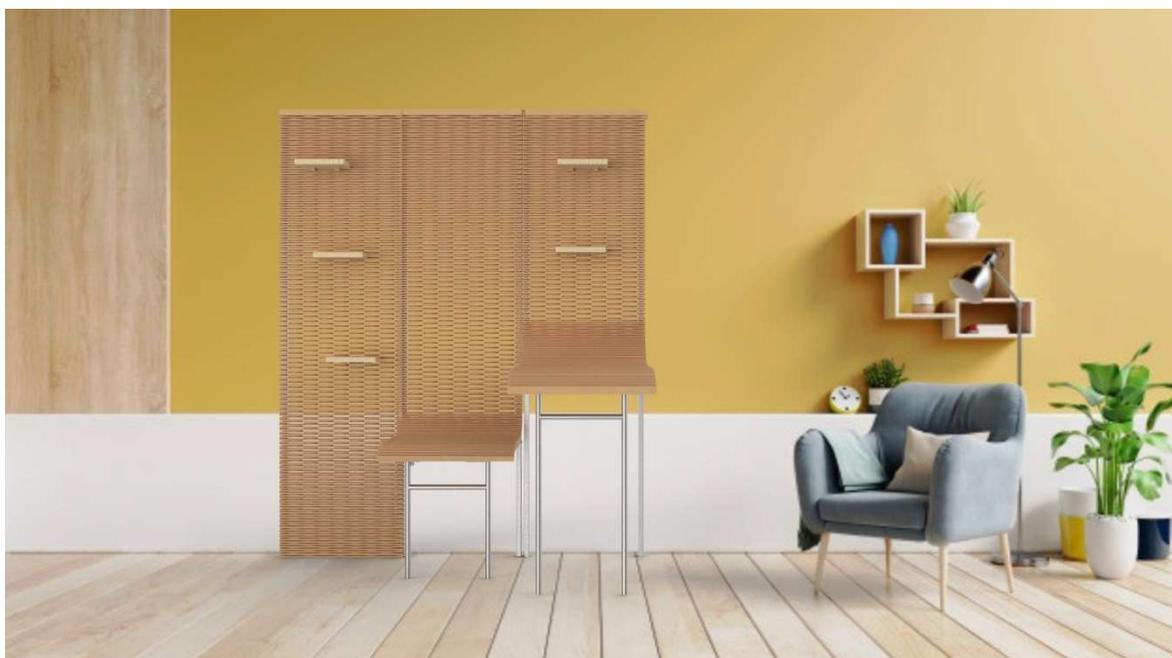


Figura 172: Exemplo de utilização de WoodFlex em sala ©Montagem de Ana Costa

## 4 – Considerações Finais

O âmbito do processo de desenvolvimento da presente dissertação, teve uma base projectual com o objectivo da aplicação de estruturas flexíveis em madeira em design de mobiliário. Tem como propósito levar o potencial destas estruturas mais longe ao alargar o leque das suas aplicações que actualmente são limitadas. Desta maneira explora-se também a possibilidade de dobrar a madeira e ao mesmo tempo beneficiar das suas propriedades mecânicas, nomeadamente a resistência.

De modo a responder à questão de investigação orientadora deste trabalho, e com os objectivos definidos, foi primeiramente discutido o estado da arte, onde foram reunidas as informações e pesquisa desenvolvida sobre o conteúdo da temática abordada. Foi elaborado um pequeno estudo sobre as influências da evolução da tecnologia na história do design, assim como um estudo sobre as propriedades da elasticidade e as estruturas flexíveis existentes, de modo a compreender melhor as aplicações, técnicas e limites destas estruturas. Desta investigação foram salientados alguns casos projectuais com projectos de estruturas flexíveis em vários materiais e com a exploração de diversas técnicas. Como é evidente, e o propósito deste projecto é a utilização de madeira como material principal, as suas propriedades, processamento e aplicações fizeram também parte fundamental da investigação. Desta maneira foram reunidos e aprofundados os conhecimentos necessários à realização do projecto.

A proposta apresentada trata do desenvolvimento de uma estante multifuncional com cadeira e mesa retrácteis. Sendo que este é um produto que tem como objectivo uma grande interação com o utilizador, a realização de uma análise ergonómica e antropométrica foi muito importante pois estabeleceu as medidas base para o projecto e permitiu que este fosse centrado no humano.

Com os conhecimentos consolidados e os objectivos definidos, foi possível dar início ao projecto, que passou pela experimentação de materiais, geração e exploração de conceitos e projecto de detalhe, de modo a encontrar as melhores soluções para o produto. A solução final tem o nome de WoodFlex e passou pelo desenvolvimento de três módulos que funcionam em conjunto ou separadamente. Todos os módulos são constituídos por uma estrutura principal que é

fixada à parede e por uma placa flexível de MDF, sendo que a estrutura interna é o que os distingue. O primeiro módulo é o mais simples, sem estrutura interna, que serve apenas de painel acústico com possibilidade de colocação de prateleiras amovíveis de modo a ser usado como estante. Os restantes dois módulos têm uma estrutura interna que permite a montagem de uma cadeira ou de uma mesa. Estes módulos podem ser também usados com prateleiras. Desta forma, o produto é retráctil, podendo a cadeira ou a mesa serem utilizadas apenas quando o utilizador necessita. Tem ainda a vantagem de ser um produto modular, desta forma não só facilita o processo de produção, mas também torna-se num produto mais versátil. Deste modo o produto é flexível tanto no seu material como nas possibilidades da sua utilização.

As dimensões do produto dificultaram a sua prototipagem e, devido ao limite de tempo e à impossibilidade de testar sistemas, a ideia inicial da mesa poder ter duas alturas foi deixada de lado durante o desenvolvimento da mesma, dada a inviabilidade do sistema actual funcionar com diferentes alturas. No entanto, considera-se que a finalização da dissertação não pressupõe o fim do projecto, mas apenas a conclusão desta fase, pelo que é pretendido prosseguir de modo a poder responder a este objectivo. A realização do projecto de detalhe teve o propósito de aproximar o desenvolvimento do projecto com a sua possível fabricação, ao pensar e modelar os seus pormenores e fixações e considerar os métodos de fabrico dos seus componentes. No desenvolvimento do projecto foi necessária a validação das soluções criadas, para tal foram utilizadas as ferramentas CAD (Computer Aided Design) e FEA (Finit Element Method) para responder à impossibilidade de construção de protótipos físicos funcionais.

Tendo em conta a elaboração do produto, considera-se que a percepção de um material como a madeira tipicamente reconhecido como rígido o que dificulta em certos casos a sua aplicação nestes âmbitos, toma novos contornos com este estudo, pois verifica-se que ao utilizar a técnica de cortes específicos na madeira, estes conferem flexibilidade no material que não seria possível até então. Isto abre as portas a novas possibilidades de utilização e aplicação noutras áreas como o mobiliário. Desta forma é demonstrado que este projecto teve pertinência na sua elaboração, e que existem possíveis áreas a serem exploradas quanto a este tema e relativamente a este material, podendo este ser apenas um começo para a aplicação destas estruturas em mobiliário. Este produto

responde à crescente procura de mobiliário multifuncional, visto que, como referido anteriormente, na actualidade a população procura cada vez mais viver em casas funcionais de pequenas dimensões em zonas urbanas onde o espaço é limitado.

Por último, este projecto poderia beneficiar de um maior contacto com os materiais e com o apoio de uma empresa na área para o seu enriquecimento técnico e projectual, de modo a poder testar as soluções apresentadas. Apesar da impossibilidade do fabrico de protótipos físicos funcionais para validar o processo de desenvolvimento e soluções apresentadas, considera-se que a realização deste projecto foi enriquecedora a nível pessoal e académico, pois foram adquiridos conhecimentos teóricos e práticos que serão benéficos num futuro profissional.

De futuro é pretendido criar uma solução que permita que a mesa tenha duas alturas, pois irá conferir mais versatilidade ao produto. Para além disso é pretendido o aperfeiçoamento dos componentes como por exemplo o reposicionamento do ferrolho de modo a poder estar mais acessível ao utilizador.

Reconhece-se que é essencial que este projecto conte com protótipos físicos funcionais de modo a validar as soluções desenvolvidas e desta forma poder efectuar as correcções necessárias e aperfeiçoar a modelação dos componentes para que sejam passíveis de serem fabricados. Considera-se também importante a utilização da ferramenta FMEA (Análise de Modos de Falhas e Efeitos) de produto com vista na identificação e posterior resolução de falhas encontradas no produto e na sua utilização.

Numa futura evolução do projecto considera-se importante a sua aplicação num espaço habitacional e o teste com o utilizador. É essencial também investir numa componente comunicacional do produto de modo a dar a conhecer as suas funções e particularidades.

## Publicação

No âmbito desta dissertação foi aceite o seguinte paper:

Costa, Ana Catarina; Bastos António; Pombo, Fátima (no prelo, 2019). *The potential of flexible wooden structures in a project of furniture design*. In UNIDCOM/IADE 10th Biennial International Conference in Design, Lisboa, 27th-29th November 2019

## Comunicação Pessoal

“Thank you for sharing your work with us, for choosing our technique and giving credit. It means a lot to us!

It's a really nice application for small spaces you developed. It would definitely be interesting to make a real prototype of this system.

If you should have the possibility to visit Switzerland you're very welcome to visit us in our studio.

Thank you again and best regards,”

Pablo Lunin, Dukta, 2019

## Referências Bibliográficas

Bischof, A., & Blessing, L. (2008). *Guidelines for the Development of Flexible Products* In International Design Conference - Design 2008, Dubrovnik - Croatia, May 19 - 22, 2008

Bovea, M., & Vidal, R. (2004). *Materials selection for sustainable product design: a case study of wood based furniture eco-design*. *Materials & Design*, 25, 111-116.

Calabretta, G., & Kleinsmann, M. (2017) Technology-driven evolution of design practices: envisioning the role of design in the digital era. *Journal of Marketing Management*. DOI: 10.1080/0267257X.2017.1284436

Capital Area Woodworkers (2016). *Standard Dimensions for Furniture Design*.

Chang, K., & King, S. (2016). *Understanding Industrial Design*. O'Reilly Media, Inc.

De Moraes, A. B., Cardoso, C. M., & Pereira, A. B. (2013). Evaluation of in-plane ply shear properties from unidirectional plate torsion tests. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 53, 168-175.  
<https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2013.06.012>

De Souza, R. M. (2003). *O Método dos Elementos Finitos Aplicado ao Problema de Condução de Calor*. Ufpabr, 40.

Dowling, N. (2012). *Mechanical Behavior of Materials* (4th ed.). Harlow

Fernandes, F. A. O., Tavares, J. P., Alves de Sousa, R. J., Pereira, A. B., & Esteves, J. L. (2017). Manufacturing and testing composites based on natural materials. *Procedia Manufacturing*, 13, 227-234.  
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.055>

Ferreira, D. S. (2017). *Soluções Construtivas em Madeira: Aplicação a Novas Estruturas e Reabilitação*. Universidade de Aveiro.

Forest Service, U., & Products Laboratory, F. (2010). *Wood Handbook, Wood as an Engineering Material*. Wisconsin.

Huang, G (1996). *Design for X*, doi:10.1007/978-94-011-3985-4

- Kretschmann, D (2010) Mechanical Properties of Wood. In Forest Service, U., & Products Laboratory, F. (2010). *Wood Handbook, Wood as an Engineering Material*. Wisconsin.
- Oliveira, J. (2015). *Aulas de Materiais e Processos de Fabrico*. Aveiro.
- Openshaw, S., & Taylor, E. (2006). *Ergonomics and Design A Reference Guide. Allsteel Design to Work Build to Last*.
- Pereira, A. B., Borodachenkova, M., Wen, W., Barlat, F. & Grácio, J. (2014). Numerical simulation of the mechanical response during strain path change: Application to Zn alloys. *Procedia Engineering*, 81, 1300–1305.  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.147>
- Pheasant, S. (2003). Bodyspace. In *International Journal of Nursing Studies* (2º, Vol. 24). Doi: 10.1016/0020-7489(87)90031-9
- Pombo, Fátima (2018) *Das Coisas Belas e Desenhadas*, Universidade de Aveiro, 140p.
- Pombo, Fátima ; Calvera, Anna (2019) Beauty for Design History: on track to Design Aesthetics. In *Made.PT: Design Critico para o Desenvolvimento e Prosperidade*.UA Editora- Universidade de Aveiro, pp 91-104.
- Pombo, Fátima (2015). Os Objectos e as Paisagens Domésticas. In Branco, V; Providência, F.; Semedo, A.; Barbosa H. (Coord.), *Consequências: História, Museologia e Museografia do Design Português – Projecto e Pensamento*. Porto: Universidade do Porto, Universidade de Aveiro, pp 55-66
- Relvas, C., Mota, L. M., Simões, J. A., & Ramos, A. M. (2017). *Engenharia + Design da ideia ao produto*. (Publindústria, Ed.).
- Shore, Z. (2014) *The Case for Micro-Apartment Housing in Growing Urban Centers*, Massachusetts Institute of Technology
- Teofilo, J. (n.d.). 9 Ensaios Mecânicos dos materiais. *Estrutura e Propriedades Dos Materiais*, 167–276.
- Valbopan. (2007). *MDF Ficha de Produto MDF*. Valbopan Investwood, (3), 1–3.
- Wegner, T., Skog, K. E., Ince, P. J., & Michler, C. J. (2010). *Uses and Desirable Properties of Wood in the 21st Century*.

Winandy, J. E. (1994). Wood Properties, USDA-Forest Service, Forest Products Laboratory, Wisconsin. *Encyclopedia of Agricultural Science*, 4(October), 549-561.

## Websites

Accord Concept (s.d) *Accord Concept*, consultado em 3/4/2019 em: <https://accordconcept.co.uk/product/ced-102/>

Antonelli, P. (2012). *Flexible Holz chair*. Consultado em 20/09/2018 em [http://dailydesignjoint.com/Flexible\\_Holz\\_chair/20810](http://dailydesignjoint.com/Flexible_Holz_chair/20810)

Ballester, R. (2017). *Propriedades mecânicas*, consultado em 11/1/2019 em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2986017/mod\\_resource/content/1/4\\_Propriedades%20Mec%C3%A2nicas%202017i.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2986017/mod_resource/content/1/4_Propriedades%20Mec%C3%A2nicas%202017i.pdf)

Bamboo Botanicals. (s.d.). *Bamboo Anatomy and Growth Habits.*, Consultado em 10/02/2019 em <http://www.bamboobotanicals.ca/html/about-bamboo/bamboo-growth-habits.html>

Bellavista. (2018). *Alternatives to Solid Wood in Furniture Making - Bellavista Collection*. Consultado em 03/02/2019 em <http://www.bellavistacollection.com/alternatives-to-solid-wood-in-furniture-making/>

Cailloce, L. (2016). *Wood: a Material for the Future? / CNRS News*. Consultado em 25/11/2018 em <https://news.cnrs.fr/articles/wood-a-material-for-the-future>

Campbell, D. (2015). *Flex Pavilion*. Consultado em 22/11/2018, em: <https://cargocollective.com/DaveCampbell/Flex-Pavilion>

Creatop (s.d) *Dukta Modus*, Consultado em 9/11/2018, em: [https://www.creatop.ch/fileadmin/user\\_upload/IA\\_Creatop.pdf](https://www.creatop.ch/fileadmin/user_upload/IA_Creatop.pdf)

Design Museum. (s.d.). *Thonet Chair No. 14*. Consultado em 16/01/2019 em <https://designmuseum.org/discover-design/all-design-objects/thonet-chair-no-14>

Designworks. (2008). *BMW GINA / Designworks.*, Consultado em 25/11/2018 em <http://www.bmwgroupdesignworks.com/work/bmw-gina/>

Dicaf, F. (2010). *Portal da Madeira: Derivados de Madeira*. Consultado em 15/11/2018 em [http://portaldamadeira.blogspot.com/search/label/Derivados de Madeira](http://portaldamadeira.blogspot.com/search/label/Derivados%20de%20Madeira)

DUKTA. (s.d.). *dukta - Origins*. Consultado em 20/09/2018 em <https://dukta.com/en/about-us/origins/>

Frost, M. (2017). *MDF Recovery: British firm invents genius solution to MDF recycling*. Consultado em 1/09/2019 em: <https://www.express.co.uk/finance/city/779497/MDF-Recovery-recycling-solution-world-first-British-firm>

Furniture 123. (s.d.). *Guide To Wood Types*. Consultado em 15/11/2019 em <https://furniture123.co.uk/content/wood-types>

Greicius, T. (2017). *Solar Power, Origami-Style*. Consultado em 25/11/2018 <https://www.nasa.gov/jpl/news/origami-style-solar-power-20140814>

Handler, K. (2010). *The History of the Eames Molded Plastic Chairs / Eames Office*. Consultado em 16/01/2019 em <http://www.eamesoffice.com/scholars-walk/eames-molded-plastic-chair-history/>

Hochschule Mainz (2017), *Platte mit Potenzial*, consultado em 9/11/2018 em: [http://materialimpuls.ia-mainz.de/wp-content/uploads/2018/06/dds\\_0518\\_Benninghoff\\_Impr.pdf](http://materialimpuls.ia-mainz.de/wp-content/uploads/2018/06/dds_0518_Benninghoff_Impr.pdf)

Howarth, D. (2014, December). *Air-Chair by Jasper Morrison*. *Dezeen*. Consultado em 16/01/2019 em <https://www.dezeen.com/2014/12/01/a-zdvent-calendar-air-chair-jasper-morrison/>

Impacta. (s.d.). *Entenda a crescente relação entre tecnologia e design*. Consultado em 15/11/2018 em <https://www.impacta.com.br/blog/2017/03/15/entenda-a-crescente-relacao-entre-tecnologia-e-design/>

Index (2017) *Catálogo Geral*. Consultado em 16/09/2019 em [http://chagas.pt/ESW/Files/CatalogosFornecedores/CT%20470%20-%20INDEX%20-%20GERAL%20\(2017\).pdf](http://chagas.pt/ESW/Files/CatalogosFornecedores/CT%20470%20-%20INDEX%20-%20GERAL%20(2017).pdf)

Indufix (s.d) *Chumbadores*. Consultado em 11/09/2019 em <http://www.indufix.com.br/pdf/Chumbadores-INDUFIX.pdf>

Intec (s.d) *Catálogo de Produtos*. Consultado em 16/09/2019 em <http://www.intec.pt/catalogo/listaprodutos.php?cat=448&sessao=1>

Júnior, S. (2013). *Madeira (Propriedades, Processos de Fabricação e Aplicações)*. Consultado em 22/11/2018 em <https://pt.slideshare.net/JuNNioRe/madeira-propriedades-processos-de-fabricao-e-aplicaes>

Karich, J. (2013). *Rombo Chair*. Consultado em 20/09/2018 em <http://www.karich.cl/?p=578>

Krassenstein, E. (2014). *Andreas Bastian Creates Incredible Bendable 3D Printed Mesostructured Material | 3DPrint.com / The Voice of 3D Printing / Additive Manufacturing*. Consultado em 25/11/2018 em <https://3dprint.com/2739/bastian-mesostructured/>

Laarman, J. (2014). *Gradient Chair - Joris Laarman*. Consultado em 25/11/2018 em <https://www.jorislaarman.com/work/gradient-chair/>

Learnvest, G. (s.d.). *Big Problem, Tiny Solution: The Rise of Micro-Apartments*. Consultado em 18/8/2019 em: <https://www.themuse.com/advice/big-problem-tiny-solution-the-rise-of-microapartments>

Lesjöfors (s.d) *Spring Catalog #15*. Consultado em 2/09/2019 em [https://www.lesjoforsab.com/teknisk-information/lesjofors\\_spring\\_catalogue\\_no15\\_2019\\_new%20front\\_id2708.pdf](https://www.lesjoforsab.com/teknisk-information/lesjofors_spring_catalogue_no15_2019_new%20front_id2708.pdf)

MacFarlane, I. (2017). *The rise of the micro apartment*. Consultado em 18/8/2019 em: <https://www.showhouse.co.uk/news/the-rise-of-the-micro-apartment/>

Magazine, W. (s.d.). *Must-have measurements for comfortable seating*. Consultado em 21/8/2019 em: <https://www.woodmagazine.com/must-have-measurements-for-comfortable-seating>

Magis. (2016). *Chair\_One production process* - YouTube. Consultado em 16/01/2019 em <https://www.youtube.com/watch?v=u1jjV2bCrAU>

Meier, E. (s.d.). *What is Wood? | The Wood Database*. Consultado em 23/11/2018 em <https://www.wood-database.com/wood-articles/what-is-wood/>

Moises e Freitas (2015) *Elementos Roscados e Afins*. Consultado em 16/09/2019 em [http://www.moisesefreitas.pt/catalogos/Roscados\\_Moisesefreitas.pdf](http://www.moisesefreitas.pt/catalogos/Roscados_Moisesefreitas.pdf)

Neira, J. (2015). *dominik raskin designs rug using flexible stone veneer*. Consultado em 25/11/2018 em

<https://www.designboom.com/design/dominik-raskin-stone-rug-12-21-2015/>

Nunez, C. (2019). *Deforestation explained*. Consultado em 1/9/2019 em: <https://www.nationalgeographic.com/environment/global-warming/deforestation/>

Oliveira, A. (s.d.). *Tipos de madeira*. Consultado em 22/01/2019 em <https://www.tuacasa.com.br/tipos-de-madeira/>

Orciuoli, A. (2009). *O impacto das tecnologias de fabricação digital nos processos de design, em artigo de Affonso Orciuoli / aU - Arquitetura e Urbanismo. Arquitetura e Urbanismo, (183)*. Consultado em 15/11/2018 em <http://au17.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/183/artigo141180-1.aspx>

Pagnan, C., & Mottin, A. C. (2018). *Novas perspectivas da fabricação digital no design social e no desenvolvimento econômico. Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos*. Universidad de Palermo. Facultad de Diseño y Comunicación. Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Consultado em 15/11/2018 em [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1853-35232018000400009](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-35232018000400009)

Porterfield, A. (2016). *Curved Laser Bent Wood: 10 Steps (with Pictures)*. Consultado em 15/10/2018 em <https://www.instructables.com/id/Curved-laser-bent-wood/>

Reis, P. (2016). *O que é a energia da Biomassa: Tudo sobre Biomassa*. Consultado a 1/9/2019 em: <https://www.portal-energia.com/o-que-e-energia-biomassa/>

RockPaperRobot (2017a) *Ollie Chair*, Consultado em 20/6/2019 em: <https://rockpaperrobot.com/products/ollie-chair>

RockPaperRobot (2017b) *The Ollie Chair: Shape-Shifting Seating*, consultado em 20/6/2019 em: <https://www.kickstarter.com/projects/144629748/the-ollie-chair-shape-shifting-seating>

RockPaperRobot (2018) *Ollie Table*, consultado em 20/6/2019 em: <https://rockpaperrobot.com/products/ollie-table-1>

Sebastian, E (2001) *Piano Shelf*, consultado em 4/4/2019 em: <http://www.meetsebastian.com/sebastian-errazuriz-design-art-piano-shelf-black>

Smith, R. (s.d.). *Wood Manufacturing Process / Wagner Meters*. Consultado em 22/01/2019 em <https://www.wagnermeters.com/forest-products/industry-info/wood-manufacturing-processes/>

Spirou, K (2016) *Pretty Sharp: the New Tadafusa Knife Showroom by Yusuke Seki*, consultado em 4/4/2019 em: <https://www.yatzer.com/tadafusa-japanese-knives-yusuke-seki>

Swedish Wood. (2011). *Tackle Climate Change: Use Wood Manu Defays German Timber Promotion Fund Eric de Munck Netherlands Timber Information Centre*. Consultado em 02/02/2019 em [www.cei-bois.org](http://www.cei-bois.org)

Titeux, T. (s.d.). *Is MDF sustainable? - Empatika*. Consultado em 1/9/219 em: <https://www.empatika.uk/blog/eco-materials/is-mdf-sustainable/>

Tricoya. (s.d.). *Technology*. Consultado em 1/9/2019 em: <https://tricoya.com/technology/>

United Nations (2018) *The World's Cities in 2018*, Consutado em 7/12/2019 em: [https://www.un.org/en/events/citiesday/assets/pdf/the\\_worlds\\_cities\\_in\\_2018\\_data\\_booklet.pdf](https://www.un.org/en/events/citiesday/assets/pdf/the_worlds_cities_in_2018_data_booklet.pdf)

WBPI. (2012). *Recycling MDF: are we there yet? - Wood Based Panels*. Consultado em 1/9/2019 em: <http://www.wbpionline.com/features/recycling-mdf-are-we-there-yet/>

Williamson, C. (2018) *SHIFT: A Flexible Shelf System by LAYER for Kvadrat Made From Upcycled Textiles - Design Milk*. Consultado em 3/4/2019 em: <https://design-milk.com/shift-a-flexible-shelf-system-by-layer-for-kvadrat-made-from-upcycled-textiles/>

WOOD-SKIN. (s.d.). *Home / WOOD-SKIN*. Consultado em 22/11/2018 em <https://www.wood-skin.com/>

Woodford, C. (2018). *Wood - An introduction to its structure, properties, and uses*. Consultado em 22/11/2018, from <https://www.explainthatstuff.com/wood.html>

Youngquist, J. A. (2010). Wood-based Composites and Panel Products. In *Wood Handbook*. Consultado em 23/01/2019 em <https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr113/ch10.pdf>

Zentrior. (2017). *Demystifying Postforming & Edgebanding*  
/ Zentrior. Consultado em 30/01/2019 em  
[https://www.zentrior.in/blog/demystifying-postforming-  
edgebanding](https://www.zentrior.in/blog/demystifying-postforming-edgebanding)

## Índice de Figuras

Figura 1: Vários modelos de cadeiras em diferentes materiais ©Montagem de Ana Costa .....	6
Figura 2: Thonet Chair N°14 © <a href="http://tiny.cc/7cidez">http://tiny.cc/7cidez</a> .....	6
Figura 3: Eames Molded Fiberglass Chair © <a href="http://tiny.cc/2fjdez">http://tiny.cc/2fjdez</a> .....	7
Figura 4: Air Chair ©(site Howarth,2014) .....	7
Figura 5: Chair_One © <a href="http://tiny.cc/7qjdez">http://tiny.cc/7qjdez</a> .....	7
Figura 6: Aluminium Gradient Chair ©(site Laarman, 2014).....	8
Figura 7: Cisalhamento © <a href="http://tiny.cc/x1kdez">http://tiny.cc/x1kdez</a> .....	10
Figura 8: Tracção e compressão © <a href="http://tiny.cc/w5kdez">http://tiny.cc/w5kdez</a> .....	10
Figura 9: Diagrama Tensão – Deformação © <a href="http://tiny.cc/hwmdez">http://tiny.cc/hwmdez</a> .....	10
Figura 10: Diferença entre fragilidade e ductilidade © <a href="http://bit.do/fcwrk">http://bit.do/fcwrk</a> .....	11
Figura 11: Ensaios: (a) tensão; (b) compressão; (c) teste de dureza; (d) “cantilever bending”; (e) flexão a três pontos; (f) flexão a quatro pontos; (g) torção ©(Dowling, 2012, pg.119).....	11
Figura 12: Stone Rug - Dominik Raskin ©(site Neira, 2015) .....	12
Figura 13: Rombo Chair - J.C. Karich © <a href="http://bit.do/fcwL5">http://bit.do/fcwL5</a> .....	12
Figura 14: Flexible Holz Chair ©(site Antonelli, 2012) .....	12
Figura 15: BMW GINA ©(site Designworks, 2008) .....	13
Figura 16: Origami Solar Panel – NASA © <a href="http://bit.do/fcwPQ">http://bit.do/fcwPQ</a> ..	14
Figura 17: Sonar – Dukta ©(site Dukta, s.d).....	15
Figura 18: Linar – Dukta ©(site Dukta, s.d).....	15
Figura 19: Foli 1 – Dukta ©(site Dukta, s.d) .....	16
Figura 20: Janus – Dukta ©(site Dukta, s.d).....	16
Figura 21: Janus-TEX – Dukta ©(site Dukta, s.d).....	16
Figura 22: Duna – Dukta ©(site Dukta, s.d) .....	16
Figura 23: Exemplo de painel da Wood-Skin © <a href="https://www.archipanic.com/woodskin/">https://www.archipanic.com/woodskin/</a> .....	17
Figura 24: Material mesoestruturado com impressão 3D ©(site Krassenstein, 2014).....	18
Figura 25: Estrutura de um material compósito tipo sanduiche © <a href="http://bit.do/fcwWd">http://bit.do/fcwWd</a> .....	18
Figura 26: Resultados das experiências de Porterfield ©(site Porterfield, 2016) .....	19
Figura 27: Straight Lattice ©(site Porterfield, 2016).....	20
Figura 28: Wave Lattice ©(site Porterfield, 2016).....	20
Figura 29: Cross Lattice ©(site Porterfield, 2016) .....	20
Figura 30: Fillet Lattice ©(site Porterfield, 2016) .....	20
Figura 31: Beehive Lattice ©(site Porterfield, 2016).....	20
Figura 32: Bastian Lattice ©(site Porterfield, 2016).....	20

Figura 33: Criação da curva e cortes no Rhinoceros 3D ©(site Porterfield, 2016) .....	21
Figura 34: Resultado dos cortes numa placa de MDF ©(site Porterfield, 2016) .....	21
Figura 35: Criação de curva e cortes no Rhinoceros 3D ©(site Porterfield, 2016) .....	22
Figura 36: Resultado dos cortes em placa de MDF ©(site Porterfield, 2016) .....	22
Figura 37: Flex Pavillion ©(site Campbell, 2015) .....	22
Figura 38: Variações da Flex Pavillion ©(site Campbell, 2015) .....	22
Figura 39: Estrutura interna da madeira ©http://bit.do/fcz2v .....	23
Figura 40: Direcções dos eixos na madeira ©(Kretschmann, 2010, pg 2) .....	25
Figura 41: Cortes e deformações da madeira ©(Winandy, 1994, pg 553) .....	25
Figura 42: Forma de como o tronco é cortado ©http://bit.do/fcz68.....	27
Figura 43: Processamento da madeira ©(site Junior, 2013).....	27
Figura 44: Processo de edge banding ©http://bit.do/fcAf3.....	32
Figura 45: Processo de postforming ©http://bit.do/fcAft.....	32
Figura 46: Modus ©(site Creatop, s.d).....	39
Figura 47: Fases de montagem ©(site RockPaperRobot, 2017b) .....	40
Figura 48: Pormenor do encosto ©(site RockPaperRobot, 2017b) .....	40
Figura 49: Comparação do tamanho da cadeira nas duas fases ©(site RockPaperRobot, 2017b).....	40
Figura 50: Variações de cor da madeira ©(site RockPaperRobot, 2017b).....	40
Figura 51: Medidas principais ©(site RockPaperRobot, 2017b) .	41
Figura 52: Pormenor da madeira com a folha de plástico ©(site RockPaperRobot, 2017b).....	41
Figura 53: Peças separadas ©(site RockPaperRobot, 2017b)....	41
Figura 54: Mesa montada com dois tamanhos ©(site RockPaperRobot, 2018).....	42
Figura 55: Fases de montagem ©(site RockPaperRobot, 2018).....	43
Figura 56: Utilização dos módulos ©(Hochschule Mainz, 2017).....	44
Figura 57: Pormenor da madeira ©(Hochschule Mainz, 2017) .	45
Figura 58: Utilização de 3 módulos ©(Hochschule Mainz, 2017) .....	45
Figura 59: Construção do painel ©(Hochschule Mainz, 2017)...	45
Figura 60: Painel montado ©(site Williamson, 2018).....	46
Figura 61: Peças e materiais ©(site Williamson, 2018) .....	46
Figura 62: Montagem da prateleira ©(site Williamson, 2018) ...	46
Figura 63: Estante na sua forma simples ©(site Accord, s.d) ...	47

Figura 64: Estante com secretária montada ©(site Accord, s.d)	47
Figura 65: Utilização das prateleiras ©(site Errazuriz, 2001)...	48
Figura 66: Demonstração de possíveis posições das prateleiras ©(site Errazuriz, 2001)	48
Figura 67: Montagem das prateleiras ©http://bit.do/fcBzh	48
Figura 68: Exposição dos produtos ©(site Spirou, 2016)	49
Figura 69: Demonstração de montagem das prateleiras ©(site Spirou, 2016)	49
Figura 70: Pormenores das ripas de madeira ©(site Spirou, 2016)	50
Figura 71: Medidas gerais das posturas mais comuns num ambiente de trabalho. ©(site Openshaw & Taylor, 2006, pg 7)	53
Figura 72: Medidas antropométricas comuns para a posição sentada. ©(site Openshaw & Taylor, 2006, pg 13)	54
Figura 73: Medidas gerais de uma cadeira. © http://bit.do/fcBBv	55
Figura 74: Medidas gerais do assento de uma cadeira. © http://bit.do/fcBBv	55
Figura 75: Medidas gerais de um espaço de trabalho. ©(site Openshaw & Taylor, 2006, pg 31)	56
Figura 76: Placa de pinho com cortes em S	59
Figura 77: Experimentação com a placa de pinho	59
Figura 78: Experimentação com a placa de MDF	60
Figura 79: Placa de MDF com cortes em S	60
Figura 80: Desenho técnico da placa Janus	62
Figura 81: Realização da placa numa Fresadora CNC	62
Figura 82: Placa de MDF com versão do corte Janus da Dukta	63
Figura 83: Demonstração da flexibilidade da placa	63
Figura 84: Demonstração da flexibilidade da placa em S	63
Figura 85: Demonstração da utilização da placa como cadeira	64
Figura 86: Demonstração da utilização da placa como mesa	64
Figura 87: Esboço da placa com cortes	65
Figura 88: Esboço geral, primeiras ideias	65
Figura 89: Esboços da cadeira e do sistema	66
Figura 90: Esboços da mesa com duas alturas	66
Figura 91: Esboços das prateleiras e montagem	67
Figura 92: Primeiros esboços dos sistemas de montagem	67
Figura 93: Esboço do sistema 1	68
Figura 94: Sistema 2	68
Figura 95: Modelo virtual aberto	70
Figura 96: Pormenor da pega e do travão	70
Figura 97: Modelo virtual fechado	70
Figura 98: Modelo virtual fechado com placa de madeira	70

Figura 99: Manivela criada na zona da pega .....	70
Figura 100: Sistema 2 .....	71
Figura 101: Funcionamento do Sistema 2 .....	71
Figura 102: Corte A-A; Sistema amortecedor e fecho .....	72
Figura 103: Sistema de fecho com mola para destrancar .....	72
Figura 104: Modelo virtual da prateleira .....	73
Figura 105: Set-up da simulação .....	74
Figura 106: Resultado da simulação e Tensão de Von Mises (vista em perspectiva da parte inferior da prateleira) .....	75
Figura 107: Esquema do funcionamento das forças na prateleira .....	76
Figura 108: Prateleira com suportes triangulares (vista inferior) .....	76
Figura 109: Resultados da simulação com suportes na prateleira (Aproximação da prateleira) .....	77
Figura 110: Aproximação da zona dos suportes da prateleira ..	77
Figura 111: Nova geometria dos suportes .....	78
Figura 112: Resultados da simulação com suportes fortalecidos (aproximação da prateleira) .....	78
Figura 113: Aproximação aos suportes (Vista inferior) .....	79
Figura 114: Modelação da cadeira .....	80
Figura 115: Modelação da mesa .....	80
Figura 116: Simulação com a cadeira. 150kg .....	81
Figura 117: Aproximação da zona menos resistente (Junção do tampo com a estrutura principal) .....	81
Figura 118: Simulação com o módulo da mesa .....	82
Figura 119: Aproximação da zona menos resistente (Junção do tampo com a estrutura principal) .....	82
Figura 120: Módulo com mesa .....	83
Figura 121: Módulo simples com prateleiras .....	83
Figura 122: Módulo com cadeira .....	83
Figura 123: Estrutura da cadeira montada sem placa MDF, localização do sistema de fecho .....	84
Figura 124: Vista posterior da cadeira montada sem placa MDF, localização do sistema de fecho .....	84
Figura 125: Ferrolho fechado (vista posterior da cadeira) .....	84
Figura 126: Ferrolho aberto (vista posterior da cadeira) .....	84
Figura 127: Ferrolho aberto com perna aberta (vista posterior da cadeira) .....	85
Figura 128: Ferrolho fechado com perna montada (vista posterior da cadeira) .....	85
Figura 129: Vista frontal da cadeira sem placa MDF, localização da peça criada no veio .....	85
Figura 130: Perna Fechada (vista frontal sem chapa protectora) .....	85

Figura 131: Perna montada (vista frontal sem chapa protectora)	86
Figura 132: Estrutura da cadeira montada sem placa MDF, localização do sistema de retracção	86
Figura 133: Posição Inicial da mola	86
Figura 134: Vista posterior da cadeira sem placa MDF, localização do sistema de retracção	86
Figura 135: Perna montada com o ferrolho trancado	87
Figura 136: Localização do pormenor da estrutura na figura 133.	87
Figura 137: Chumbador montado na estrutura	87
Figura 138: Corte e reentrância na prateleira	88
Figura 139: Localização da manga de tecido	88
Figura 140: Manga de tecido em baixo da placa de madeira	88
Figura 141: Acrescento nas chapas	89
Figura 142: Localização dos pormenores demonstrados nas figuras 137 e 138	89
Figura 143: Localização da anilha do ferrolho	89
Figura 144: Vista explodida do módulo da cadeira	90
Figura 145: Pormenor dos sistemas em vista explodida	90
Figura 146: Vista explodida do módulo da mesa	91
Figura 147: Vista explodida do módulo simples com uma prateleira	91
Figura 148: Módulo 1 simples	92
Figura 149: Módulo 1 com 3 prateleiras	92
Figura 150: Imagem aproximada das prateleiras	92
Figura 151: Sequência de montagem da cadeira	93
Figura 152: Exemplo de utilização do módulo da cadeira com prateleiras	93
Figura 153: Sequência de montagem da mesa	94
Figura 154: Exemplo de utilização do módulo da mesa com prateleiras	94
Figura 155: 3 módulos em painel	95
Figura 156: 3 módulos montados	95
Figura 157: 3 módulos montados	96
Figura 158: Medidas gerais do módulo mesa montado	96
Figura 159: Figura humana; utilização da secretária e cadeira ©Ana Costa	97
Figura 160: Pessoa a montar a prateleira ©Ana Costa	98
Figura 161: Mão na prateleira ©Ana Costa	98
Figura 162: Montagem da cadeira ©Ana Costa	98
Figura 163: Pessoa sentada no módulo da cadeira ©Ana Costa	99
Figura 164: Utilização da secretária ©Ana Costa	99
Figura 165: WoodFlex inserido numa sala ©Ana Costa	100

Figura 166: WoodFlex inserido num espaço sala/cozinha ©Ana Costa.....	101
Figura 167: WoodFlex com cadeira montada ©Ana Costa .....	101
Figura 168: WoodFlex com cadeira e mesa montadas ©Ana Costa.....	101
Figura 169: WoodFlex inserido numa sala pequena ©Ana Costa .....	102
Figura 170: WoodFlex inserido em sala ©Ana Costa .....	102
Figura 171: Utilização de dois módulos num quarto.....	103
Figura 172: Exemplo de utilização de WoodFlex em sala .....	103

## Índice de tabelas

Tabela 1: Medidas antropométricas de homens e mulheres (grandes e pequenos), de BIFMA Ergonomics Guidelines,2002. Medidas em centímetros. ©Adaptado de (site Openshaw & Taylor, 2006, pg 7) .....	53
Tabela 2: Valores para homens e mulheres do 5º e 95º percentil na posição sentada. Usar figura 72 para visualização. Dados de BIFMA Ergonomics Guidelines, 2002. Medidas em centímetros ©Adaptado de (site Openshaw & Taylor, 2006, pg 13).....	54
Tabela 3: Guidelines da BIFMA para secretárias e espaços de trabalho. Medidas em centímetros ©Adaptado de (site Openshaw & Taylor, 2006, pg 30) .....	56
Tabela 4: Medidas gerais de vários tipos de mesas. Medidas em centímetros ©Adaptado de (site Capital Area Woodworkers, 2016).....	57
Tabela 5: Resumo da investigação das medidas gerais para o produto.....	57
Tabela 6: Valores das propriedades mecânicas do MDF. Fonte: <a href="https://www.makeitfrom.com/material-properties/Medium-Density-Fiberboard-MDF">https://www.makeitfrom.com/material-properties/Medium-Density-Fiberboard-MDF</a> .....	74
Tabela 7: Valores das propriedades mecânicas do Aço EN 10025 S235. Fontes: <a href="http://bit.do/fcXnJ">http://bit.do/fcXnJ</a> e <a href="http://bit.do/fcXos">http://bit.do/fcXos</a> .....	74
Tabela 8: Informações sobre a mesh criada.....	75



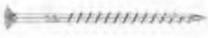
## **Anexos**

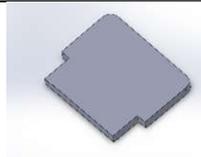
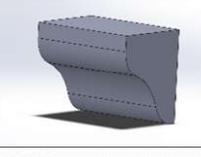
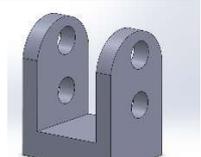
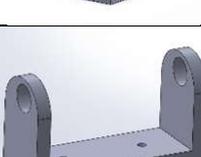
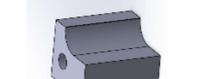
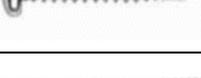
## Anexo A

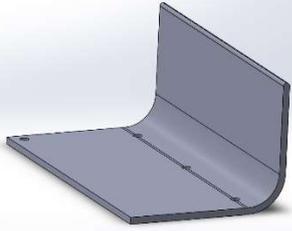
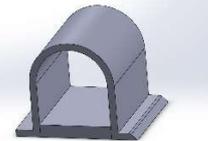
### Lista de Componentes

Para a selecção dos componentes normalizados e a adquirir, foram consultados 5 catálogos:

- 1 - Lesjöfors Springs
- 2 - InduFix Parafusos e Porcas
- 3 - Index Fixing Systems
- 4 - Moises e Freitas
- 5 - Intec Parafusaria e Fixações

Nº	Descrição	Nº de Peças	Material	Técnica	Obs	Imagem
01	Estrutura Principal	1	Aço EN 10025 S235	Tubo dobrado; Furação		
02	Placa de madeira	1	MDF	Maquinação: Fresagem CNC		
03	Pernas	1	Aço EN 10025 S235	Tubo cortado e soldado; furação	Módulo mesa ou cadeira (tamanhos diferentes)	
04	Tampo	1	Aço EN 10025 S235	Tubo dobrado; furação	Módulo mesa ou cadeira (tamanhos diferentes)	
05	Parafusos 4,5x50	4	Aço Zincado	Comprado	Catálogo 3 Código: TEXZT45050	
06	Buchas PB Parabolt	10	Aço Zincado	Comprado	Catálogo 2: Ø1/4"	
07	Base principal	1	MDF	Corte e lixagem	Prateleira	

08	Encaixe	2	MDF	Corte e lixagem	Prateleira	
09	Suporte	2	MDF	Corte e lixagem	Prateleira	
10	Parafuso M5x50	2	Aço Zincado	Comprado	Catálogo 3 Código: T0840550Z	
11	Porca M5	2	Aço Zincado	Comprado	Catálogo 3 Código: D93405	
12	Peça em U pequena	1	Aço Inoxidável	Quinagem; furação	Sistema Fecho	
13	Peça em U grande	1	Aço inoxidável	Quinagem; furação	Sistema Retracção	
14	Veio	1	Aço inoxidável	Corte e furação	Sistema Fecho	
15	Veio	1	Aço Inoxidável	Corte; torno e furação	Sistema Retracção	
16	Batente	2	Aço	Corte e furação	Sistema de Retracção	
17	Batente	1	Aço	Corte e furação	Ferrolho	
18	Parafuso 3,9x19	1	Aço inoxidável	Comprado	Sistema Retracção Catálogo 3 Código: ABRA23919	
19	Perno Roscado M3x12	1	Aço	Comprado	Sistema Retracção Catálogo 4 Código: DIN 916-45H	
20	Ferrolho	1	Aço	Comprado		

21	Mola	1	Aço Inoxidável	Comprado	Catálogo 1 Código: TS 7169-7384	
22	Cavilha 5x20	1	Aço	Comprado	Catálogo 5 Código: 05202003612169238	
23	Cavilha 5x16	1	Aço	Comprado	Catálogo 5 Código: 05202003612169236	
24	Cavilha 4x10	2	Aço	Comprado	Catálogo 5 Código: 05202003616001454	
25	Chapa de suporte	2	Aço inoxidável	Dobragem; Furação	Sistemas de fecho e retracção (tamanhos diferentes)	
26	Suporte ferrolho	1	Aço	Dobragem; corte; Soldadura	Sistema de Fecho	
27	Manga de tecido	2 ou 4	Tecido	Costura	Tampo (2 na cadeira, 4 na mesa)	
28	Parafuso M3x12	2	Aço Zincado	Comprado	Catálogo 4 Código: DIN 7991-10.9	
29	Parafuso M3x20	1				
30	Parafuso M3x25	7 (+2 para mesa)				
31	Porca Sextavada M3	10 (+2 para mesa)	Aço zincado	Comprado	Catálogo 4 Código: DIN 934	

## **Anexo B**

### **Desenhos Técnicos**

4 3 2 1

F

F

E

E

D

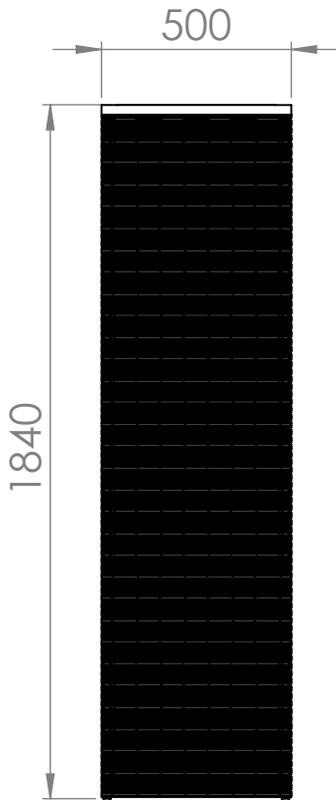
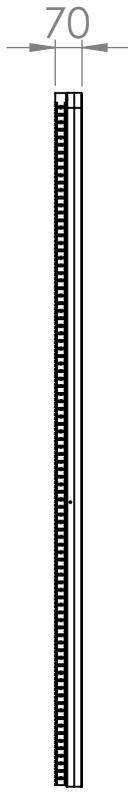
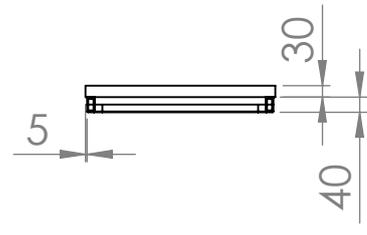
D

C

C

B

B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**Desenho de conjunto - simples**

DWG NO. **1**

SCALE: 1:20

SHEET 1 OF 1

MATERIAL:

A4

WEIGHT:

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

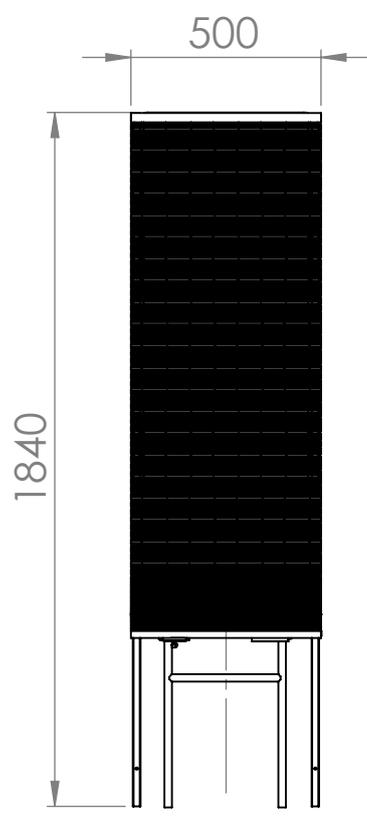
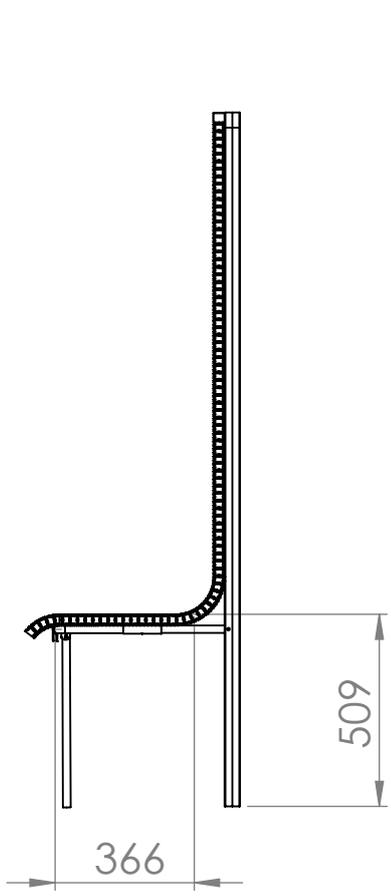
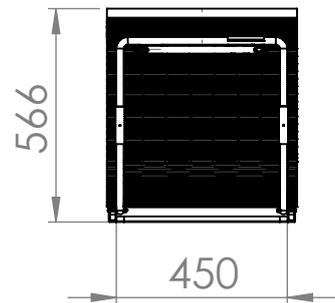
D

C

C

B

B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**Desenho de conjunto - cadeira**

DWG NO. **2**

SCALE: 1:20

SHEET 1 OF 1

MATERIAL:

WEIGHT:

A4

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

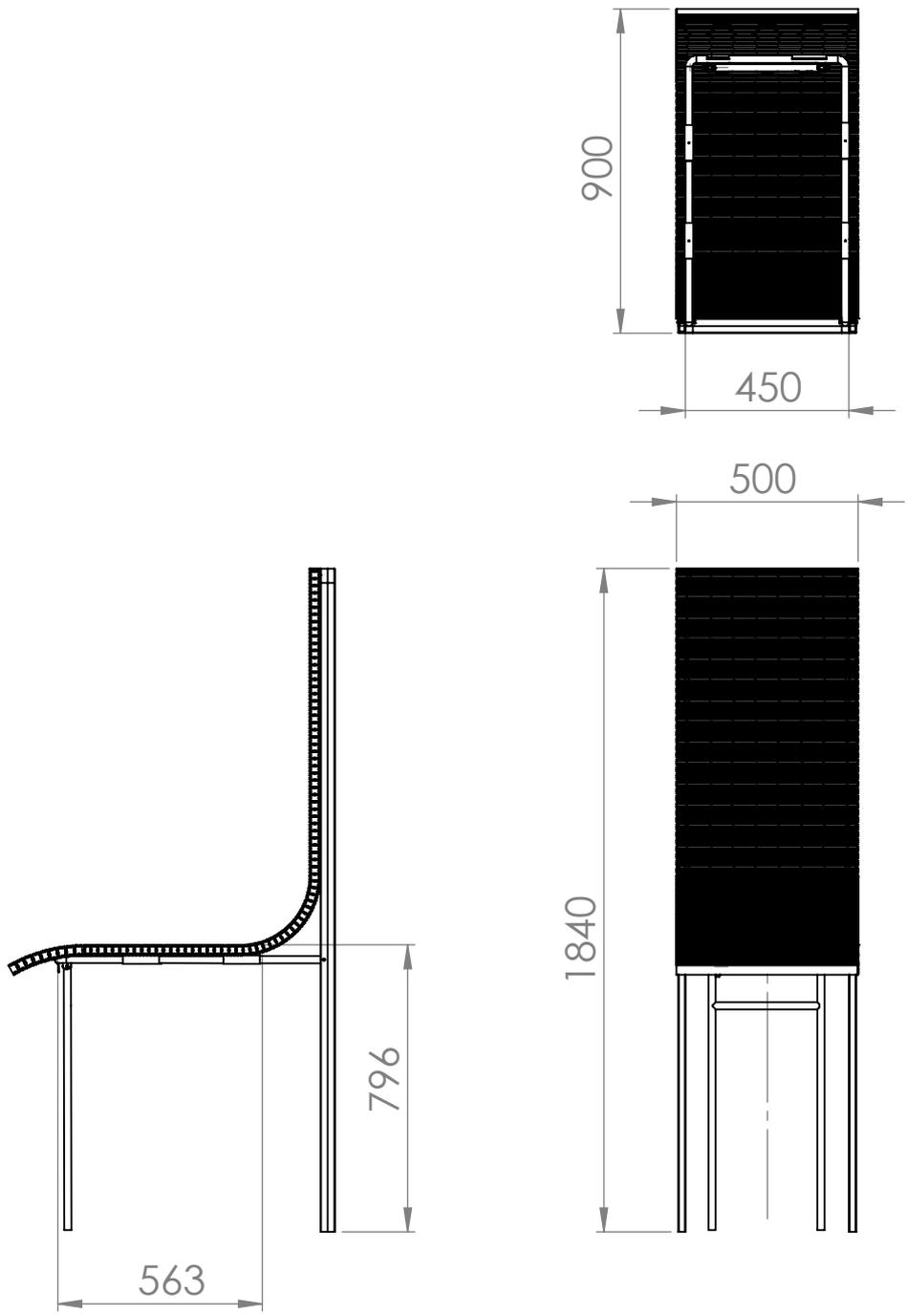
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**Desenho de conjunto - mesa**

DWG NO. **3**

SCALE: 1:20

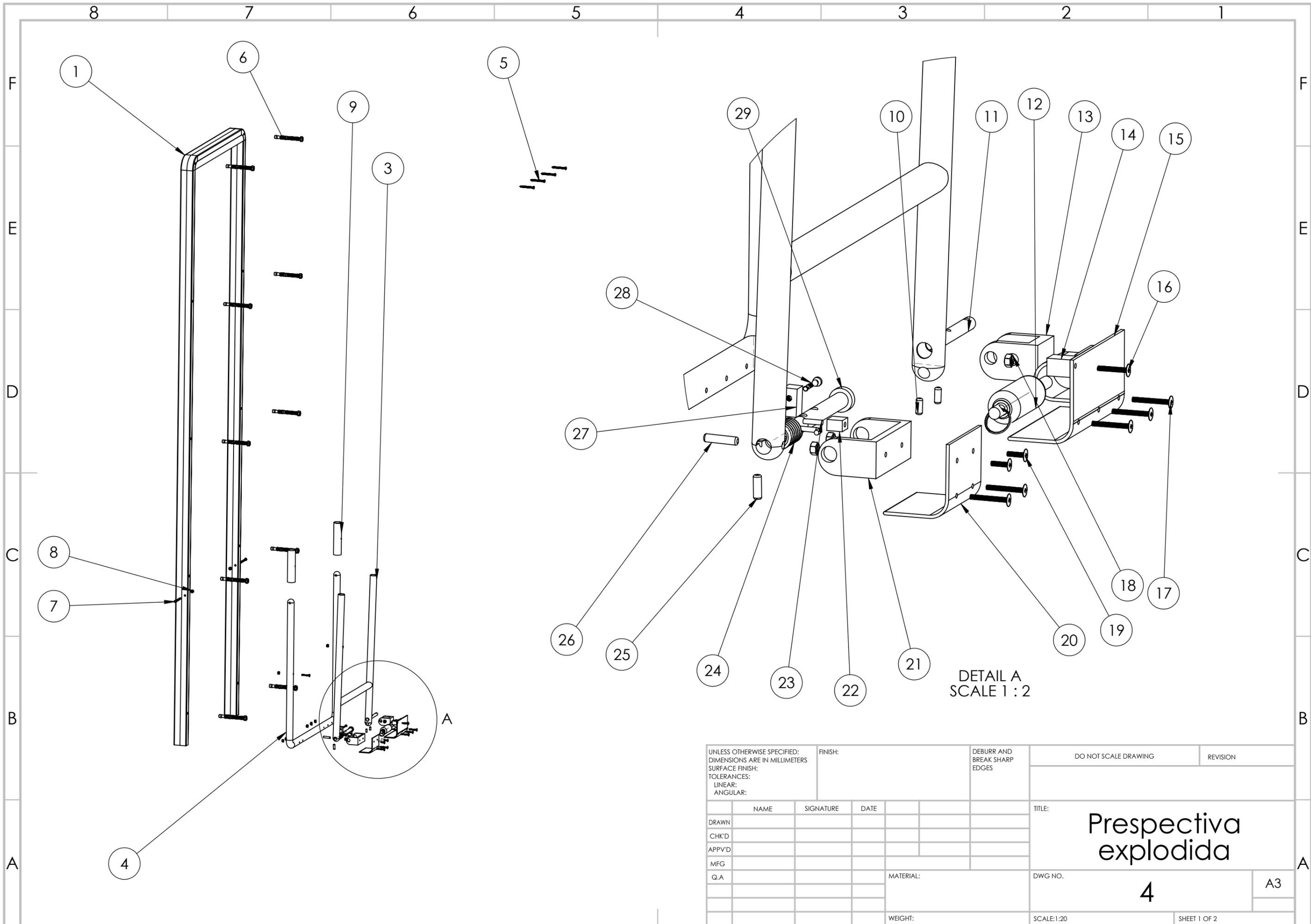
SHEET 1 OF 1

MATERIAL:

WEIGHT:

A4

4 3 2 1

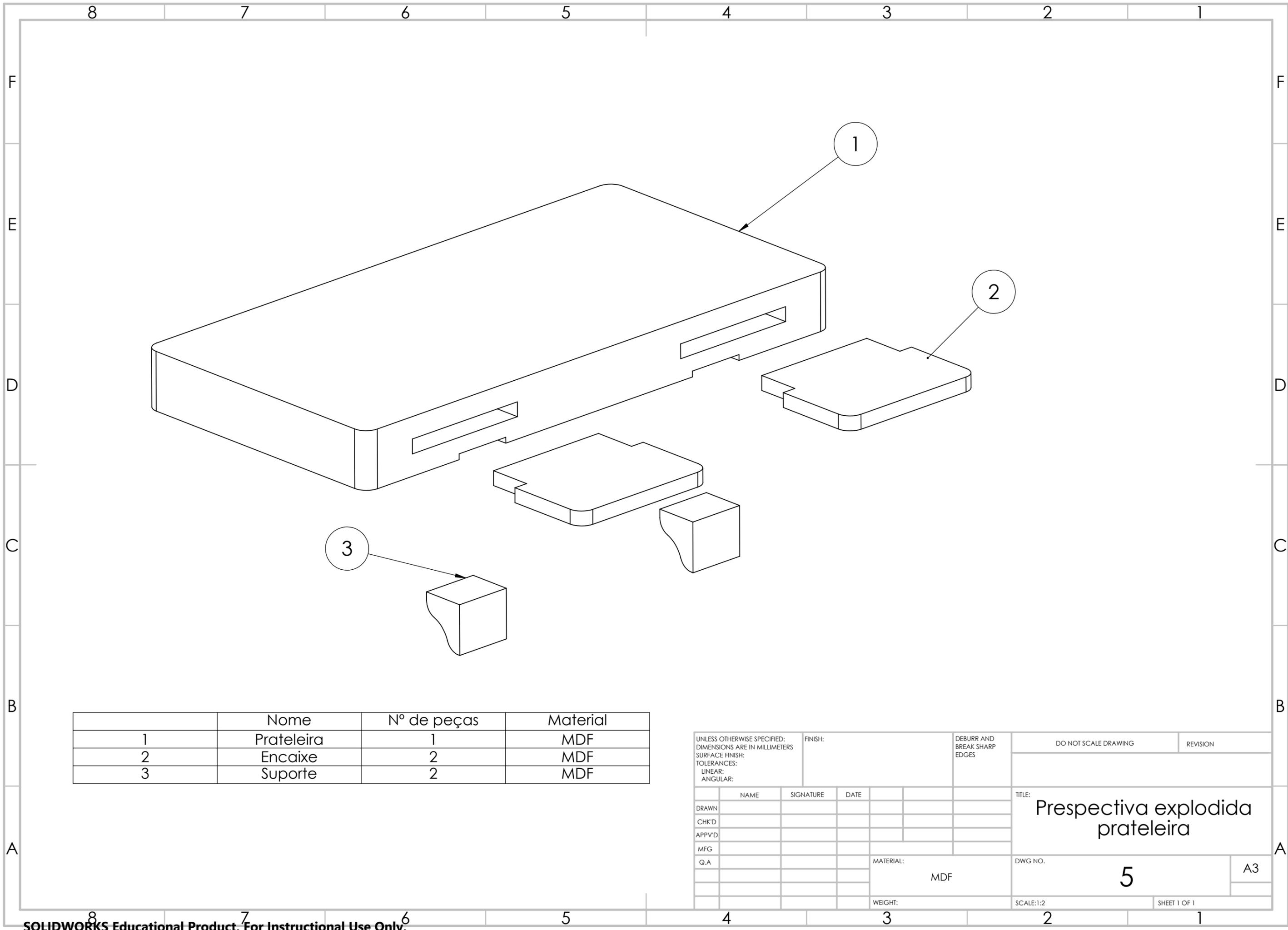


DETAIL A  
SCALE 1 : 2

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION			
					TITLE: <b>Prespectiva explodida</b>							
					MATERIAL:					DWG NO. <b>4</b>		A3
					WEIGHT:					SCALE:1:20		SHEET 1 OF 2

Nº	Descrição	Nº de peças	Obs
1	Estrutura principal	1	
2	Placa de madeira	1	
3	Pernas	1	
4	Tampo	1	
5	Parafusos 4,5x50	4	TEXZT45050
6	Bicha Parabolt PB	10	Ø 1/4"
7	Parafuso M5x50	2	T0840550Z
8	Porca M5	2	D93405
9	Tecido	2	
Sistema Fecho			
10	Cavilha	2	
11	Veio		
12	Ferrolho	1	
13	Peça suporte	1	
14	Batente Ferrolho	1	
15	Chapa/suporte Ferrolho	1	
16	Parafuso M3x20	1	DIN 7991-10.9
17	Parafuso M3x25	7	DIN 7991-10.9
18	Porca M3	10	DIN 934
19	Parafuso M3x12	2	DIN 7991-10.9
Sistema Retracção			
20	Chapa	1	
21	Peça suporte	1	
22	Batente	1	Peça suporte
23	Perno M3x12	1	DIN 916-45H
24	Mola	1	TS 7169-7384
25	Cavilha	1	Travão do veio
26	Cavilha	1	Junção perna e veio
27	Batente	1	Perna
28	Parafuso 3,9x19	1	ABRA23919
29	Veio	1	
30	Parafuso M5x50	2	T0840550Z
31	Porca M5	2	D93405

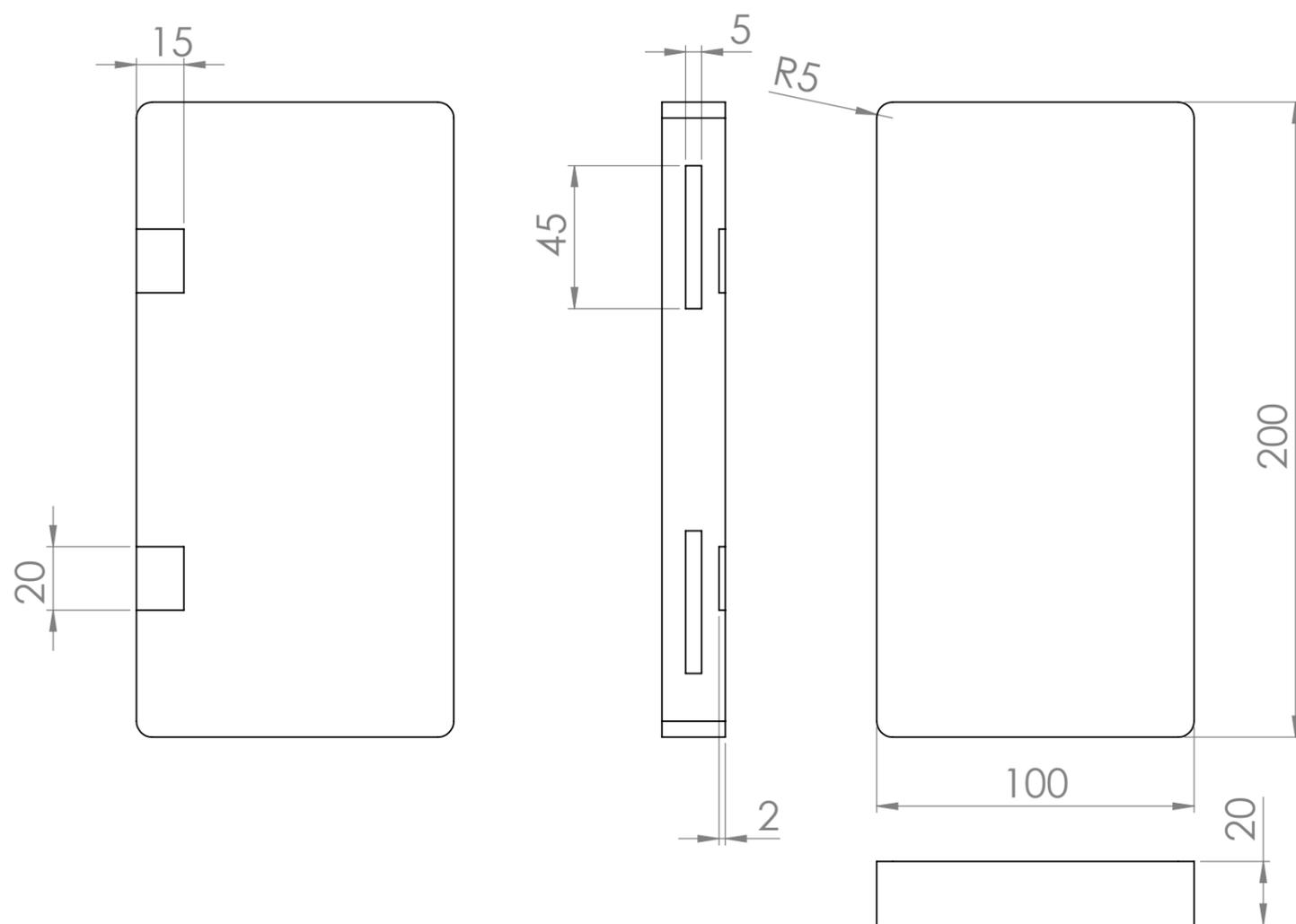
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
DRAWN						Prespectiva			
CHK'D						explodida			
APPV'D									
MFG									
Q.A						DWG NO.		A3	
						4.1			
						SCALE:1:20		SHEET 2 OF 2	
						WEIGHT:			



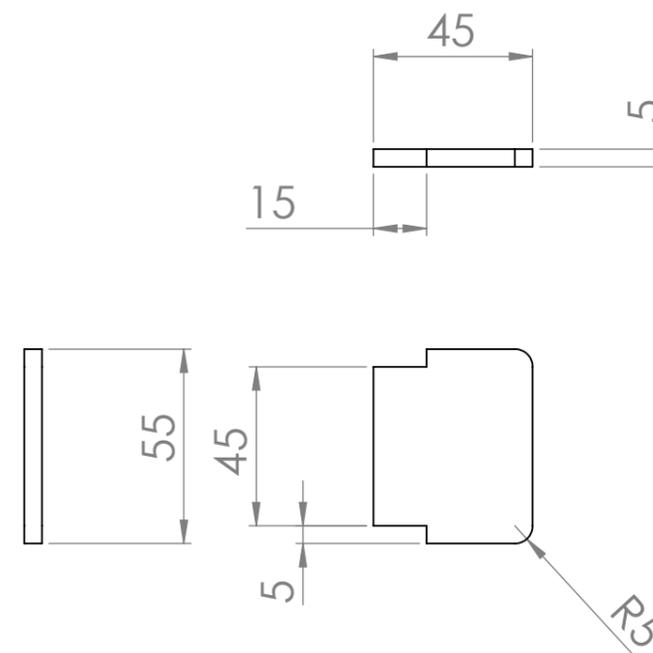
	Nome	Nº de peças	Material
1	Prateleira	1	MDF
2	Encaixe	2	MDF
3	Suporte	2	MDF

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN						TITLE: <b>Prespectiva explodida prateleira</b>					
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A						MATERIAL: <b>MDF</b>		DWG NO. <b>5</b>		A3	
						WEIGHT:		SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1	

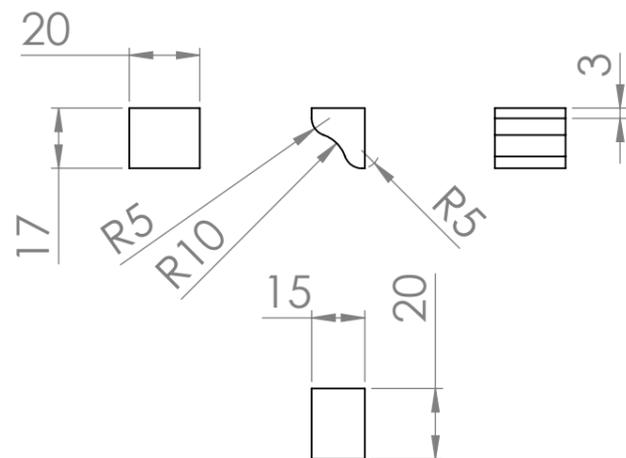
Prateleira:



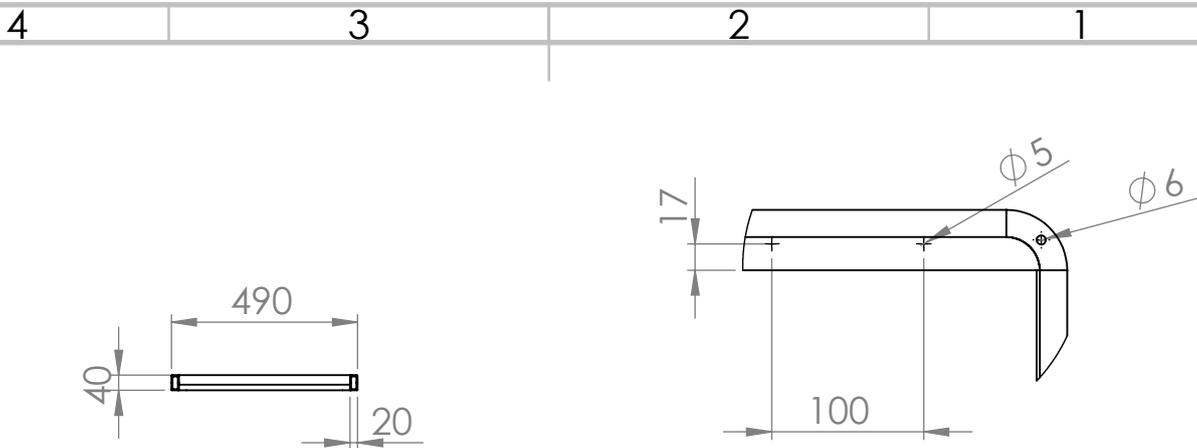
Encaixe:



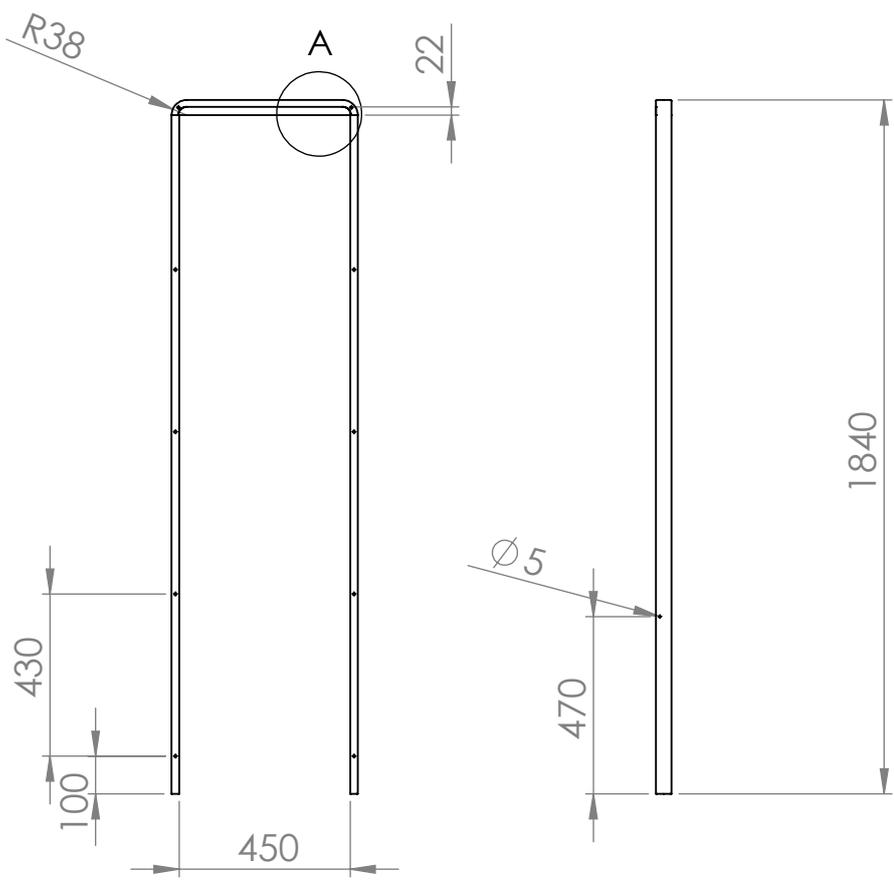
Suporte



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN							TITLE: <b>Prateleira - peças</b>				
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A							MATERIAL: <b>MDF</b>		DWG NO. <b>6</b>		A3
							WEIGHT:		SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1



DETAIL A  
SCALE 1 : 5



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

ISO 8015 ISO 2768 - cL

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

Quantidade: 1

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**Estrutura principal  
- cadeira**

MATERIAL:  
**Aço EN 10025  
S235**

DWG NO.  
**7**

A4

WEIGHT:

SCALE:1:20

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

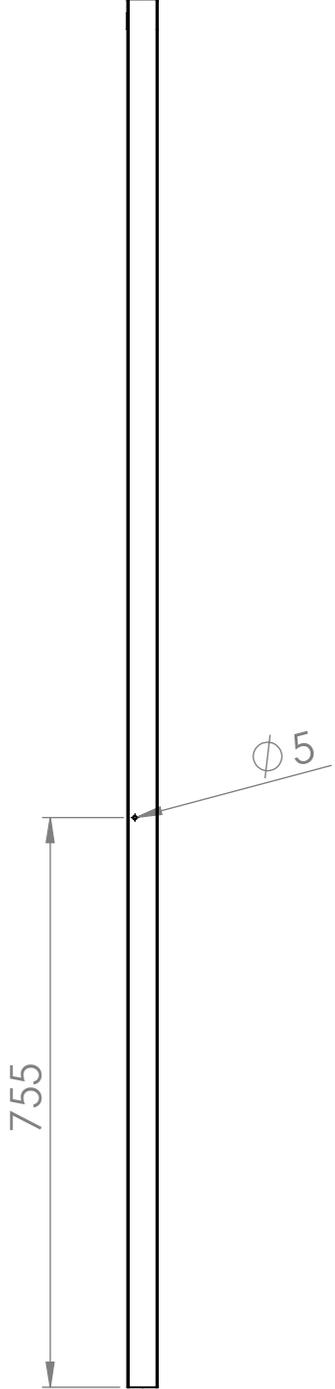
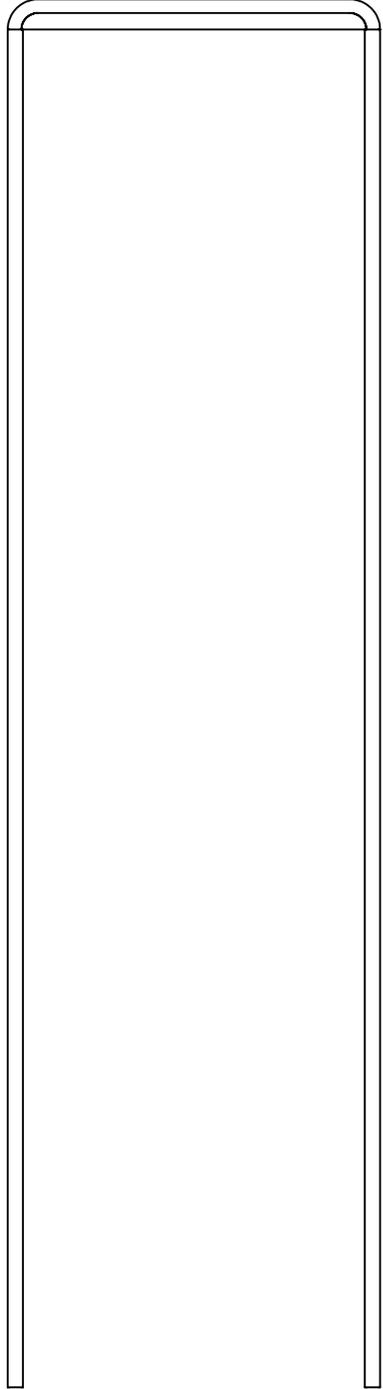
D

C

C

B

B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

ISO 8015 ISO 2768 - cL

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

Quantidade: 1

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**Estrutura principal  
 mesa**

MATERIAL:  
 Aço EN 10025 S235

DWG NO.  
**8**

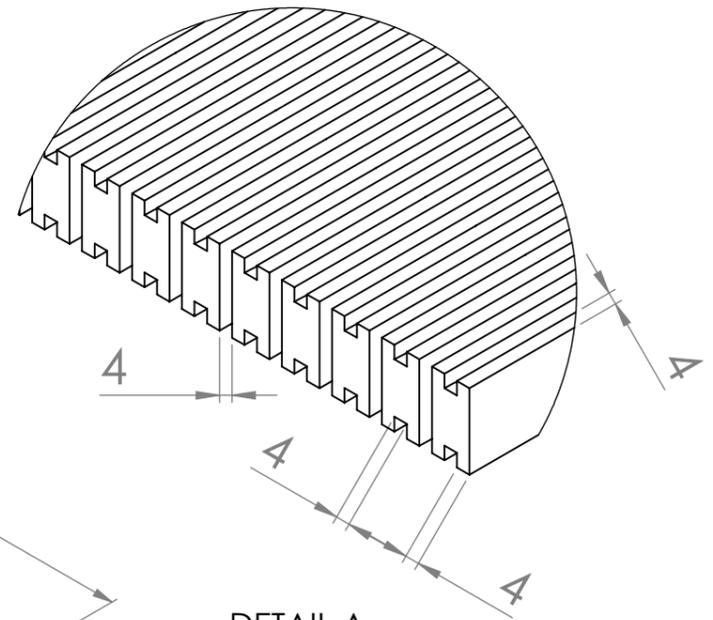
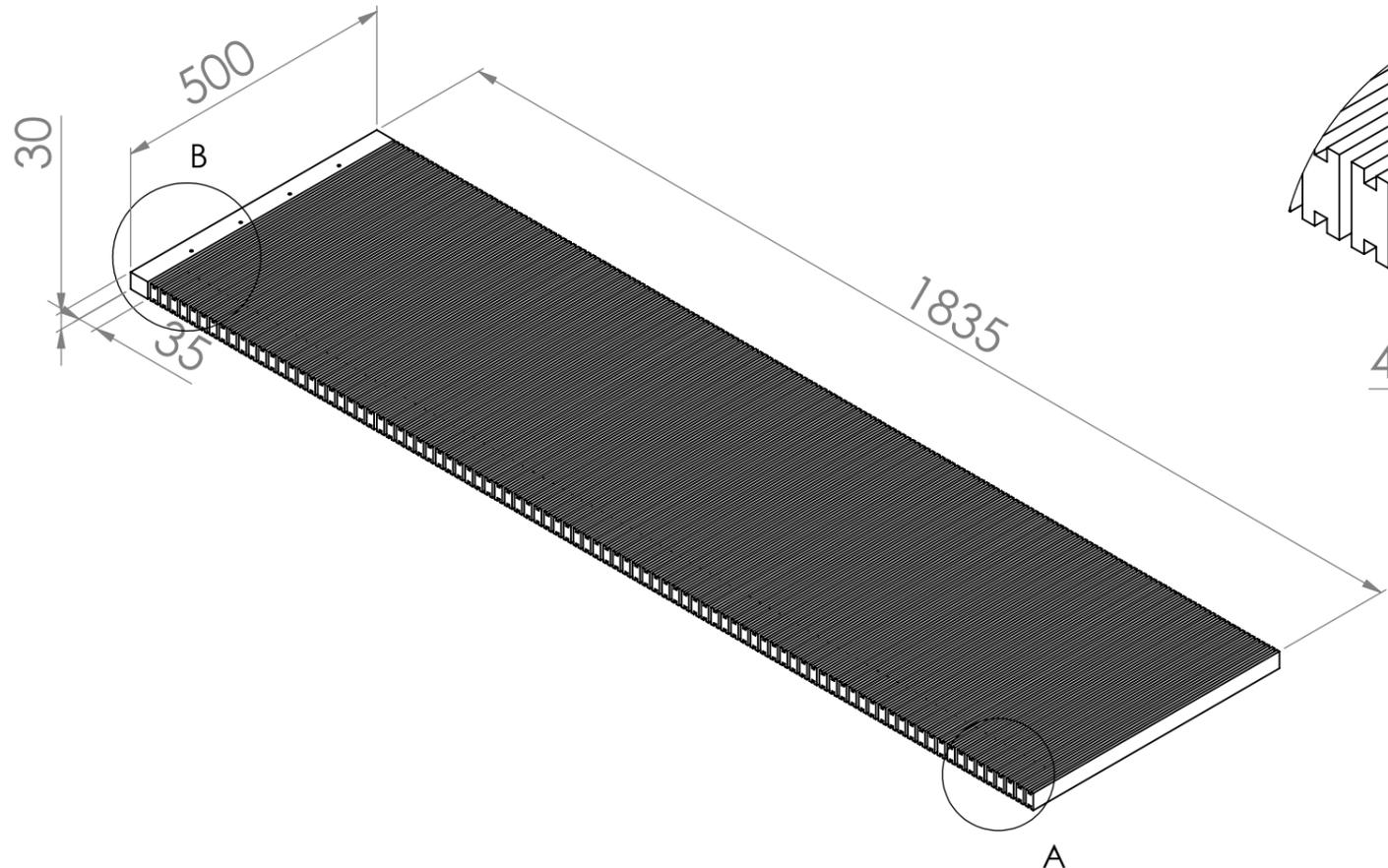
A4

WEIGHT:

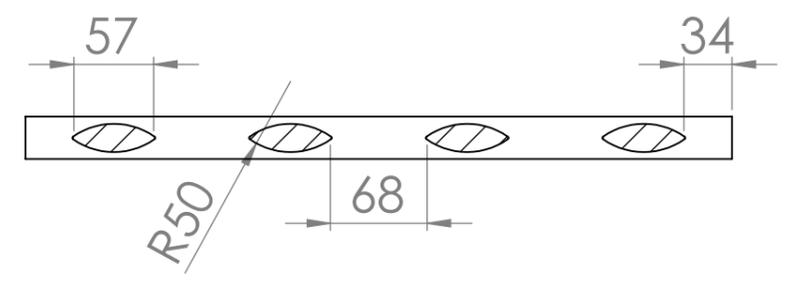
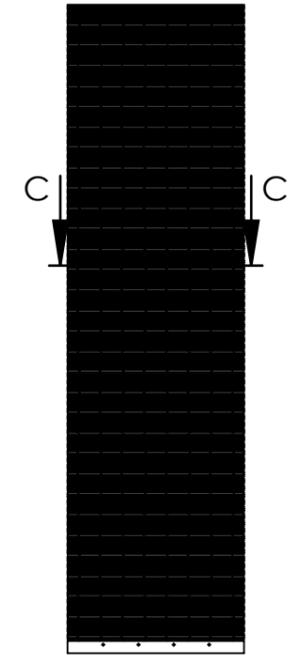
SCALE:1:20

SHEET 1 OF 1

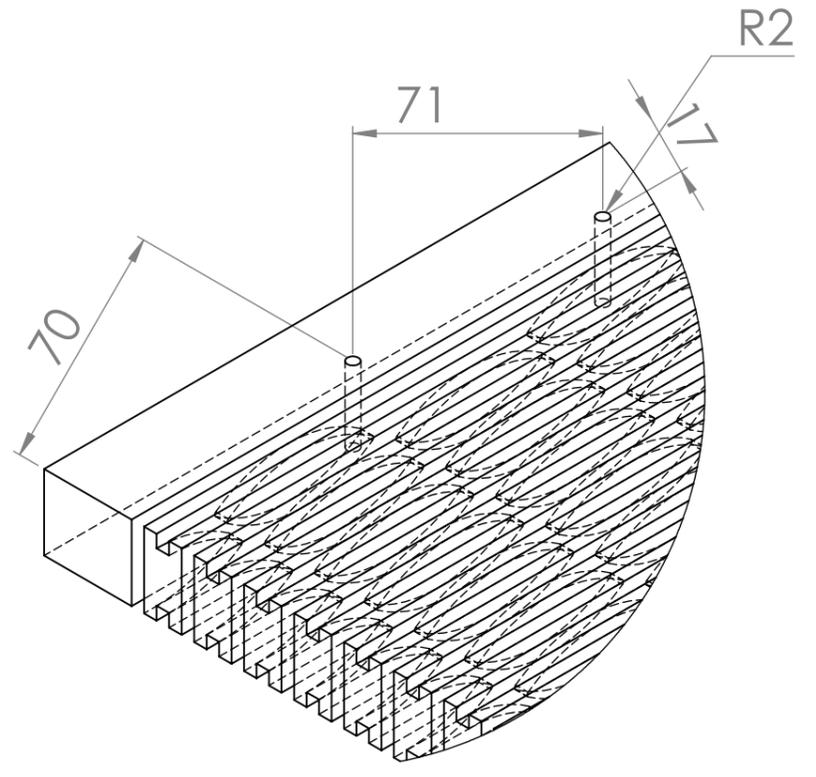
4 3 2 1



DETAIL A  
SCALE 1 : 2

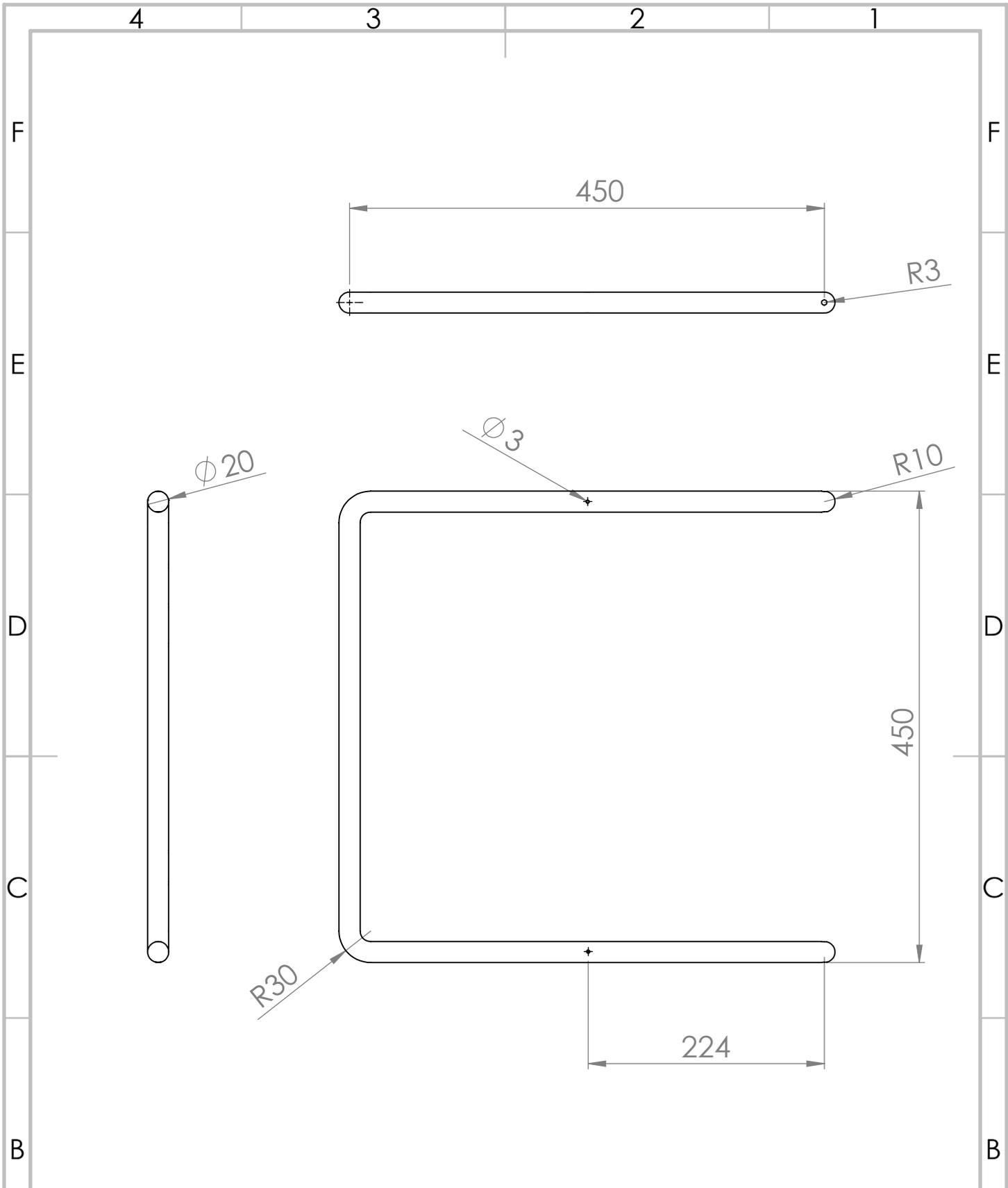


SECTION C-C  
SCALE 1 : 5



DETAIL B  
SCALE 1 : 2

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
							Quantidade: 1			
							TITLE: <b>Placa de madeira</b>			
DRAWN			NAME		SIGNATURE		DATE		MATERIAL: MDF	
CHK'D									DWG NO. <b>9</b>	
APPV'D									A3	
MFG									SCALE:1:20	
Q.A									SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

ISO 8015  
 ISO 2768-cL

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

Quantidade: 1

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE: <b>Tampo - cadeira</b>	
MATERIAL: Aço EN 10025 S235	DWG NO. <b>10</b>
WEIGHT:	SCALE:1:10
	SHEET 1 OF 1

A4

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

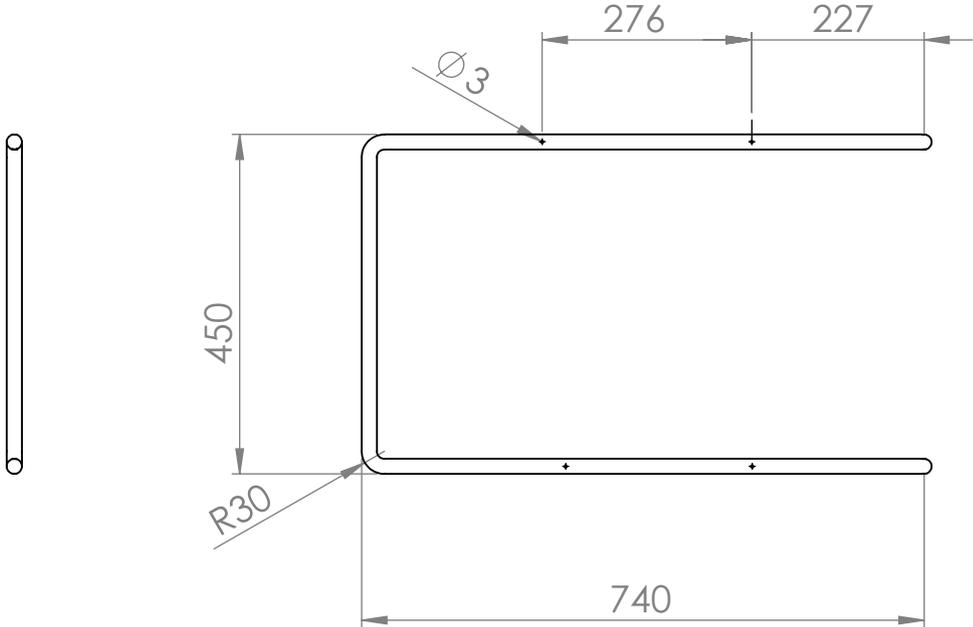
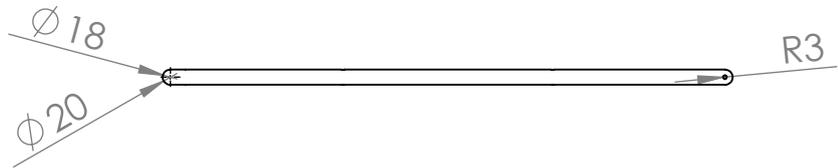
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

ISO 8015 ISO 2768 - cL

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

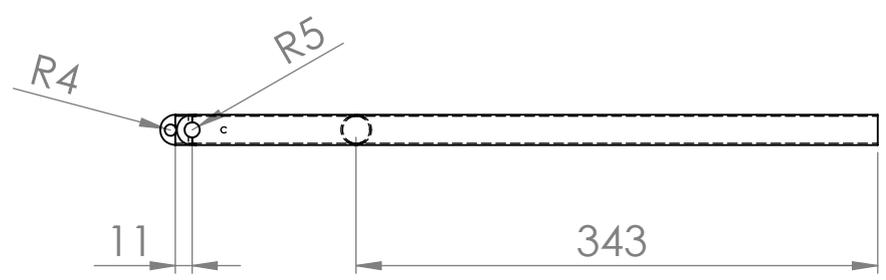
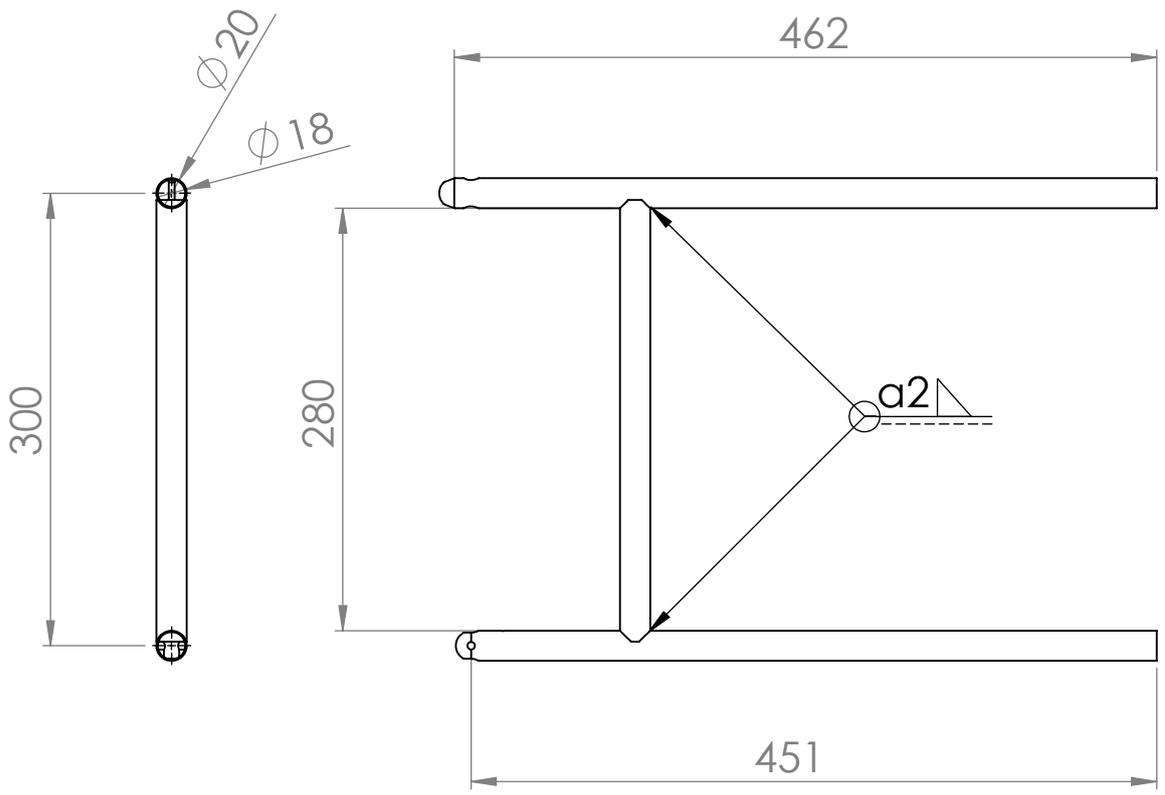
Quantidade: 1

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:		<h1>Tampo mesa</h1>	
MATERIAL:			
Aço EN 10025 S235		DWG NO.	<h1>11</h1>
WEIGHT:		SCALE:1:20	
		SHEET 1 OF 1	

A4

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			ISO 8015 ISO 2768 - cL		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION					
							Quantidade: 1							
							TITLE: <b>Pernas - cadeira</b>							
							MATERIAL: Aço EN 10025 S235				DWG NO. <b>12</b>		A4	
							WEIGHT:			SCALE:1:10			SHEET 1 OF 1	

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

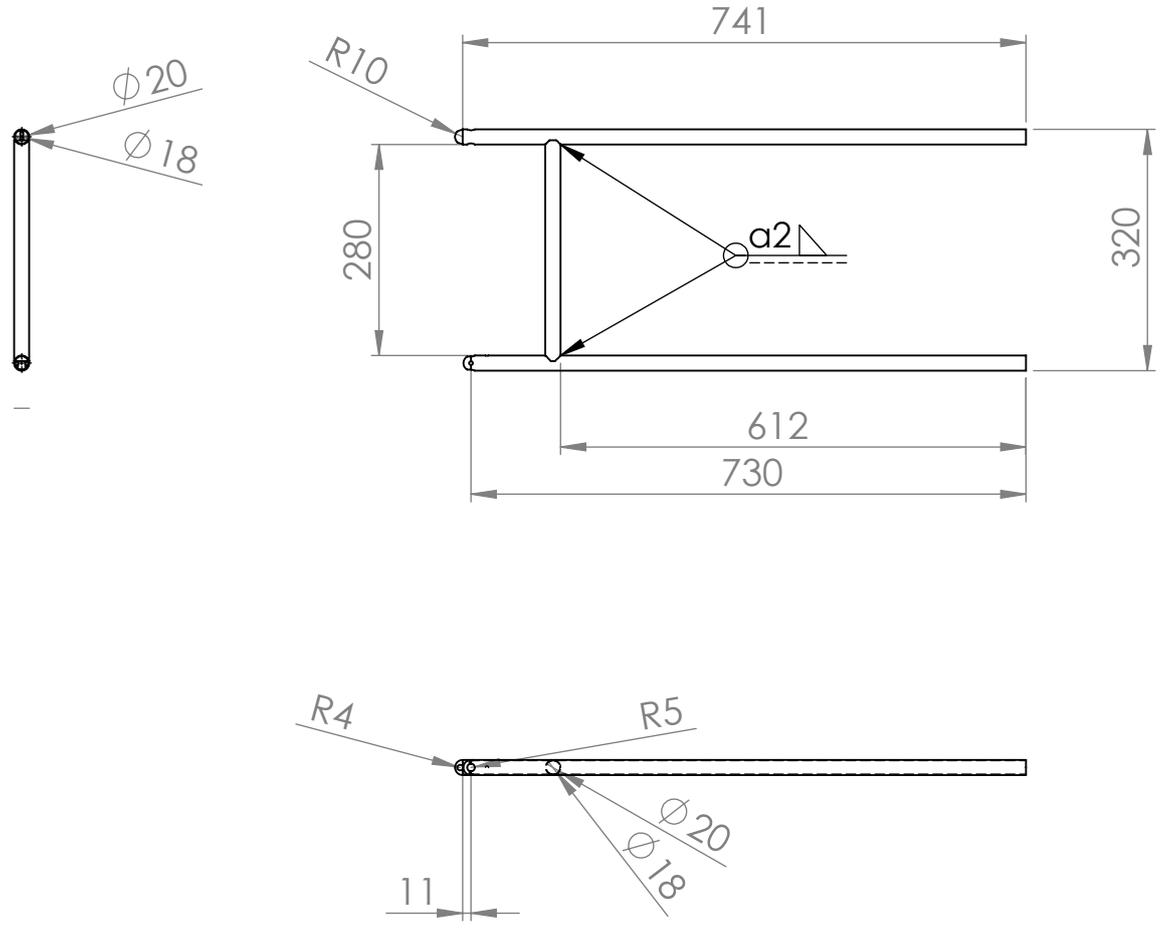
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

ISO 8015 ISO 2768 - cL

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

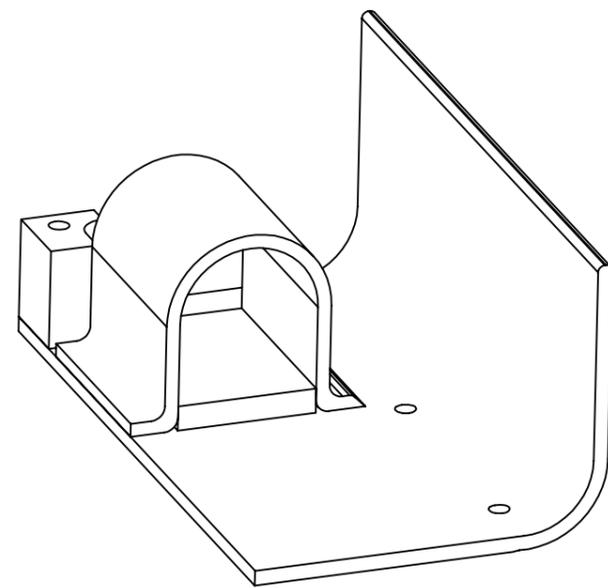
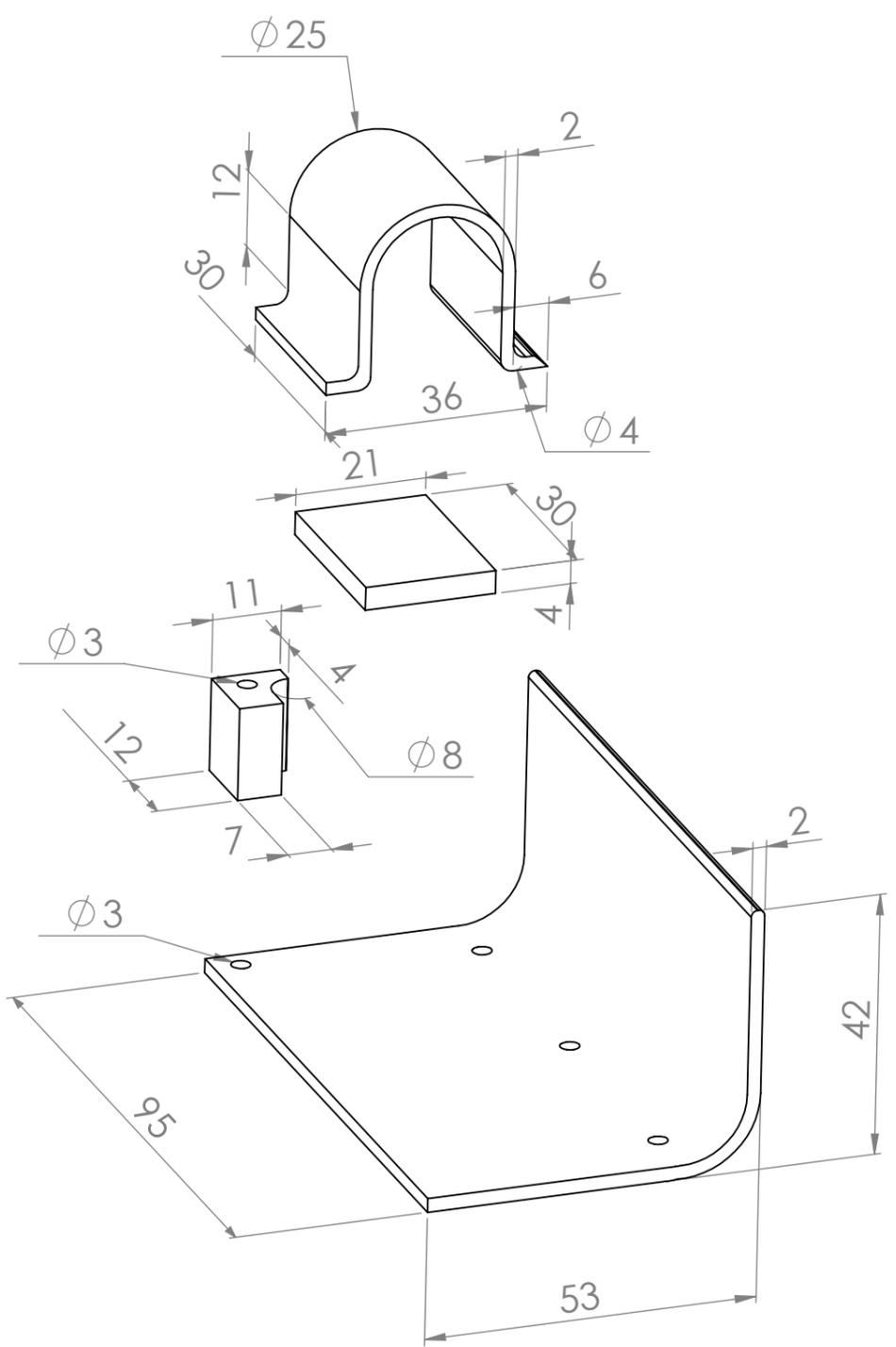
Quantidade: 1

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:	<b>Pernas mesa</b>	
MATERIAL:	Aço EN 10025 S235	
DWG NO.	<b>13</b>	A4
WEIGHT:	SCALE:1:10	SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

# Componentes Suporte do ferrolho



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
SURFACE FINISH:											
TOLERANCES:											
LINEAR:											
ANGULAR:											
DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:		Suporte do ferrolho - conjunto	
CHK'D								DWG NO.:		14	
APPV'D								SCALE:1:2		A3	
MFG								SHEET 1 OF 1			
Q.A						MATERIAL:					
						WEIGHT:					

4 3 2 1

F

F

E

E

D

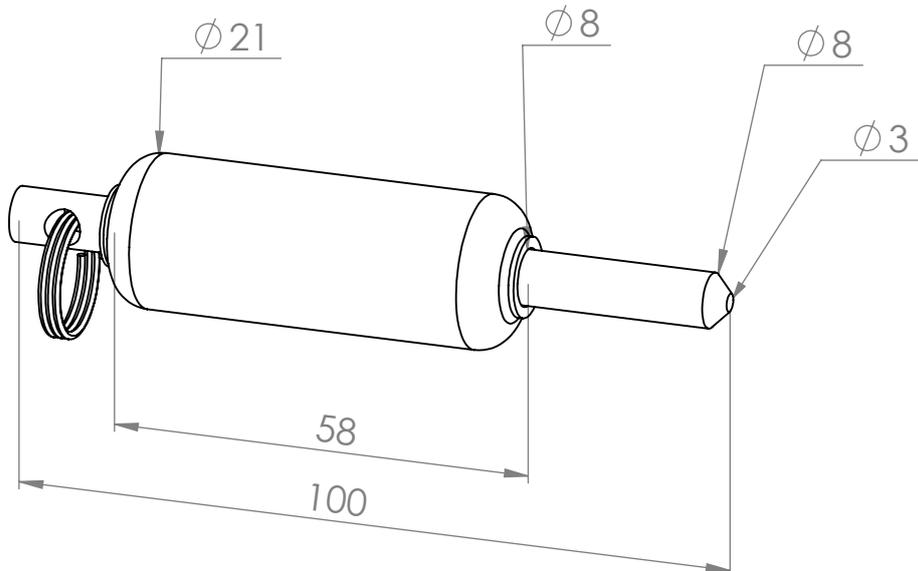
D

C

C

B

B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

Quantidade: 1

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**Ferrolho**

DWG NO.  
**15**

SCALE: 1:2

SHEET 1 OF 1

MATERIAL:

WEIGHT:

A4

4 3 2 1

A

A

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

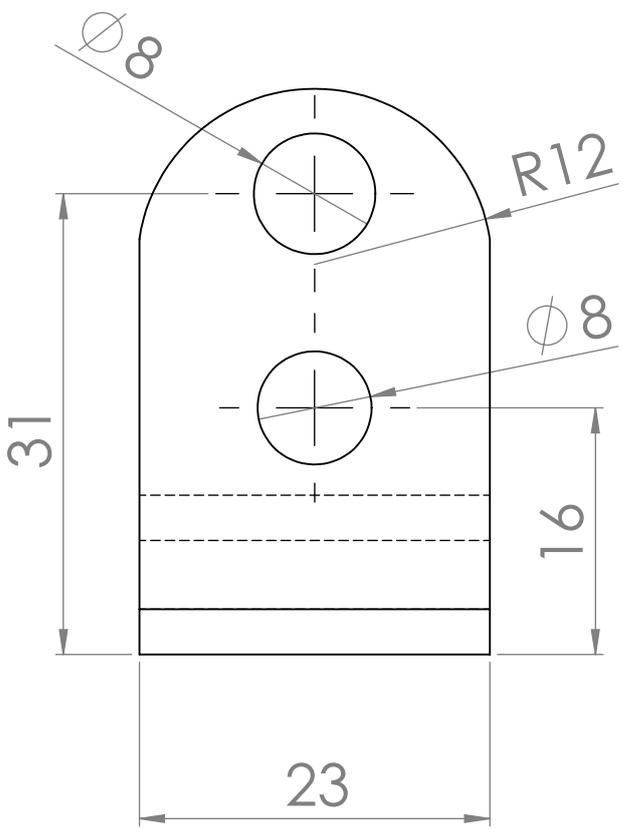
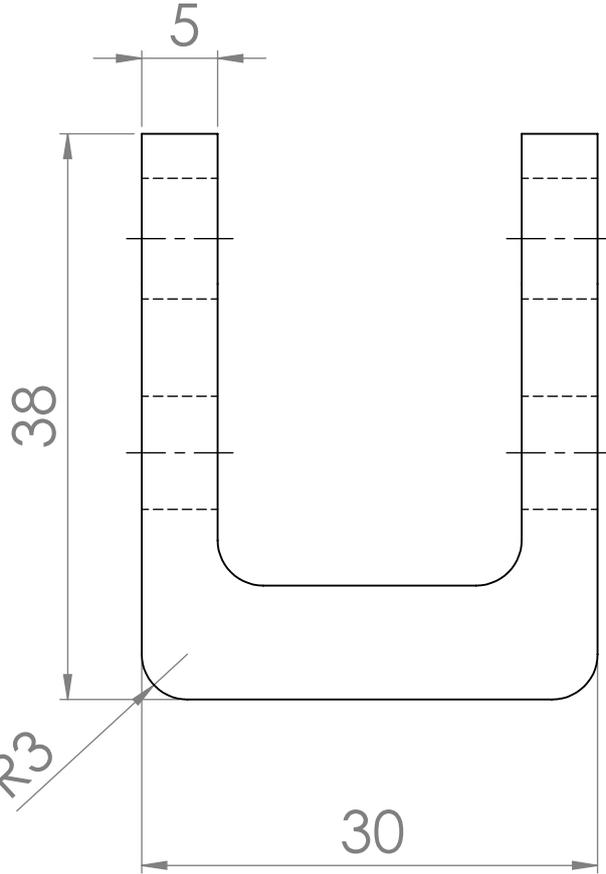
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

Perna e  
 ferrolho  
 (fecho)

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

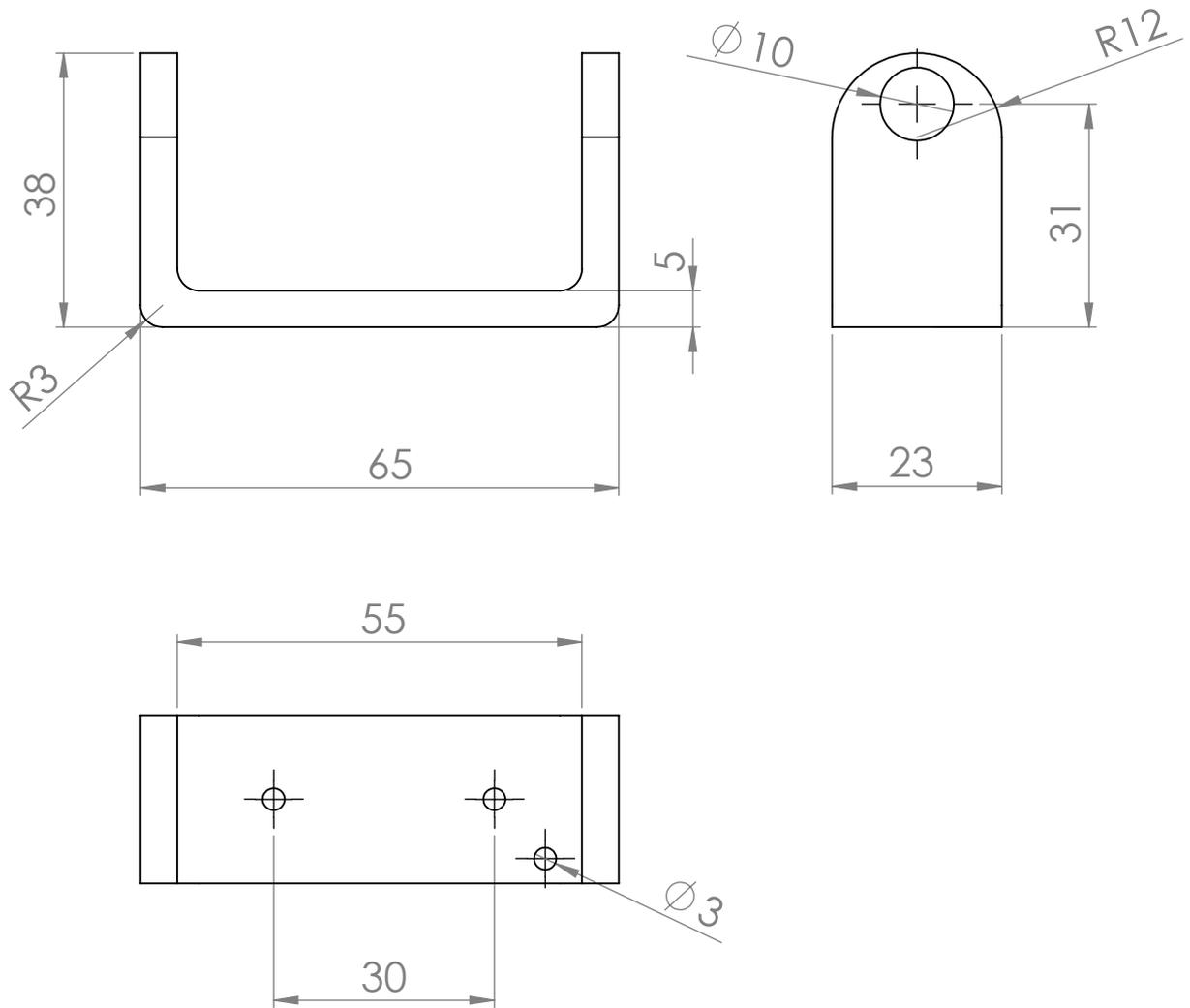
Quantidade: 1

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHKD			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE: <b>Peça suporte - pequena</b>	
MATERIAL: Aço inoxidável	DWG NO. <b>16</b>
WEIGHT:	SCALE:2:1
	SHEET 1 OF 1

A4

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

Sistema de  
 retracção

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

Quantidade: 1

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE: <b>Peça suporte grande</b>	
MATERIAL: Aço inoxidável	DWG NO. <b>17</b>
WEIGHT:	SCALE:1:1
	SHEET 1 OF 1

A4

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

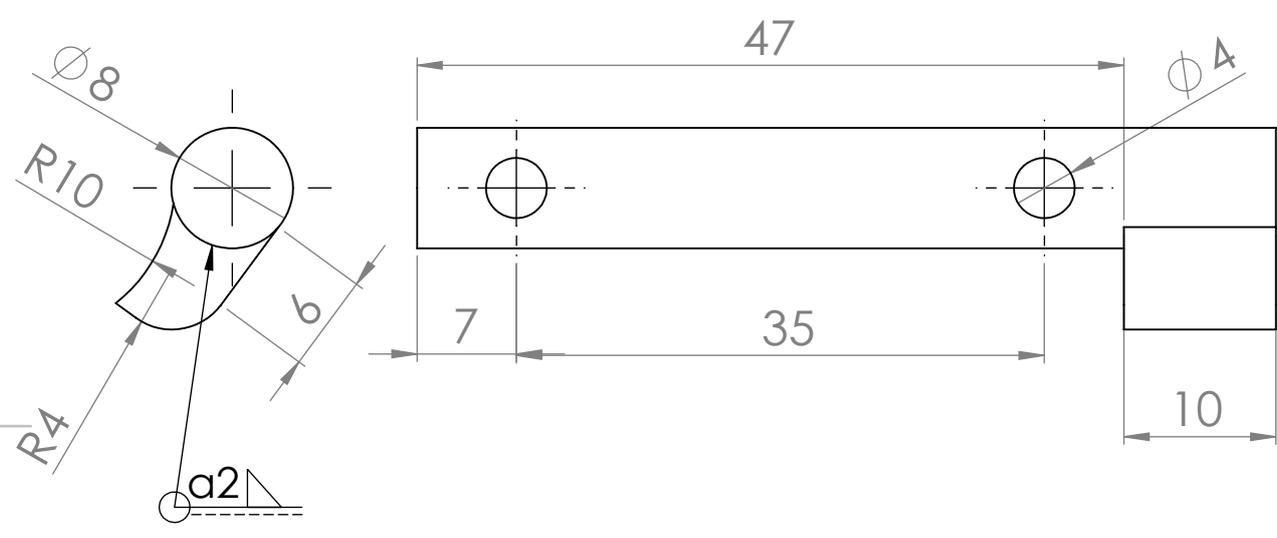
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

Quantidade: 1

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**Veio - Sistema de fecho**

DWG NO. **18**

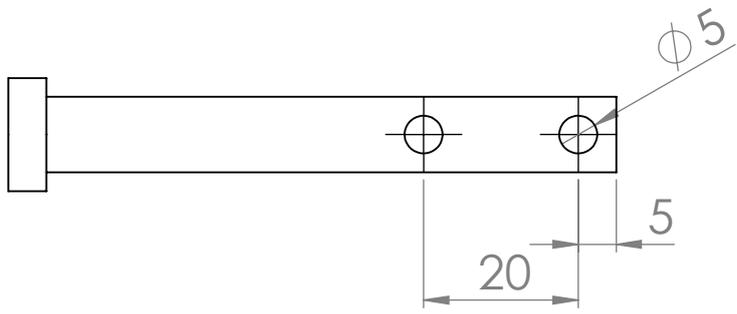
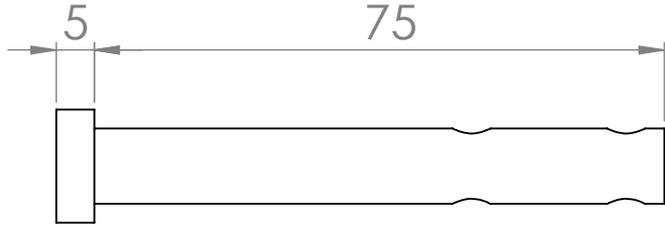
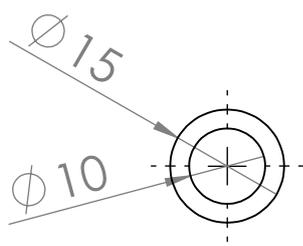
MATERIAL:  
 Aço inoxidável

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

A4

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

Quantidade: 1

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**Veio - Sistema de  
 retracção**

DWG NO. **19**

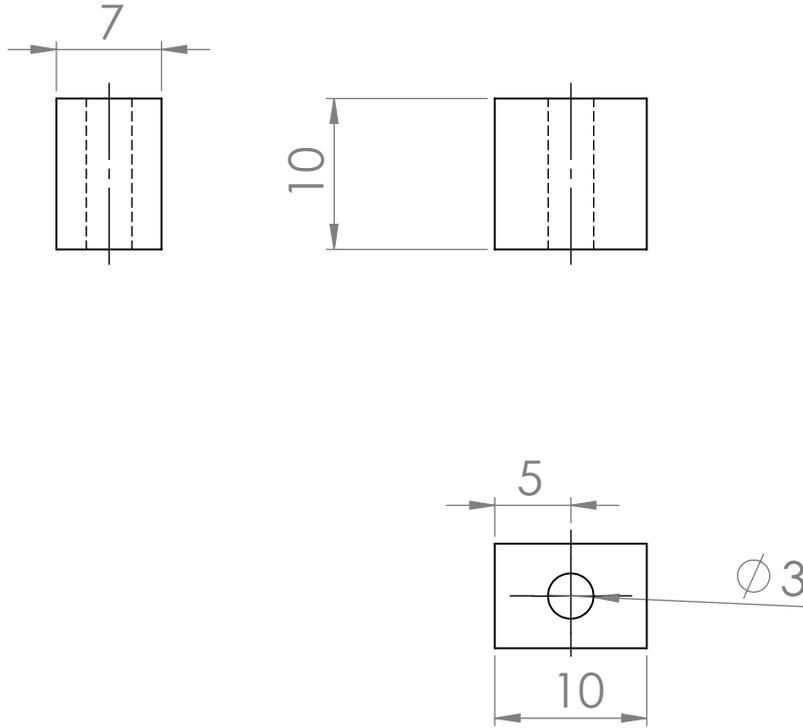
MATERIAL:  
 Aço inoxidável

SCALE: 1:1

SHEET 1 OF 1

A4

Batente montado na peça de suporte



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

Quantidade: 1

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**Batente - Peça suporte**

DWG NO. **20**

SCALE:5:1

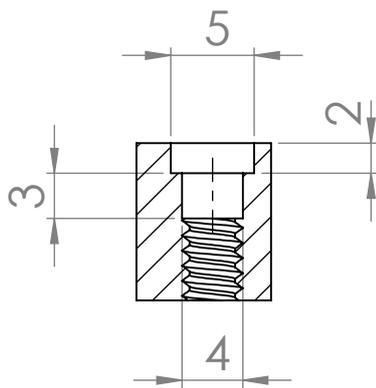
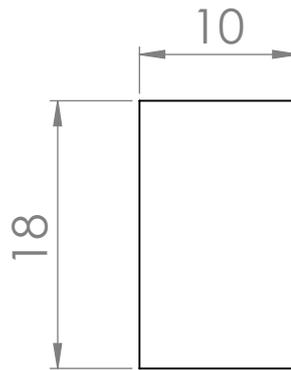
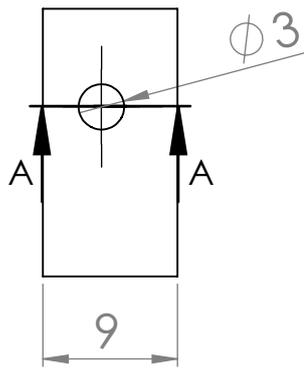
SHEET 1 OF 1

MATERIAL:

WEIGHT:

A4

# Batente montado na perna



SECTION A-A  
SCALE 2 : 1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

Quantidade: 1

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

## Batente - perna

MATERIAL:

DWG NO.

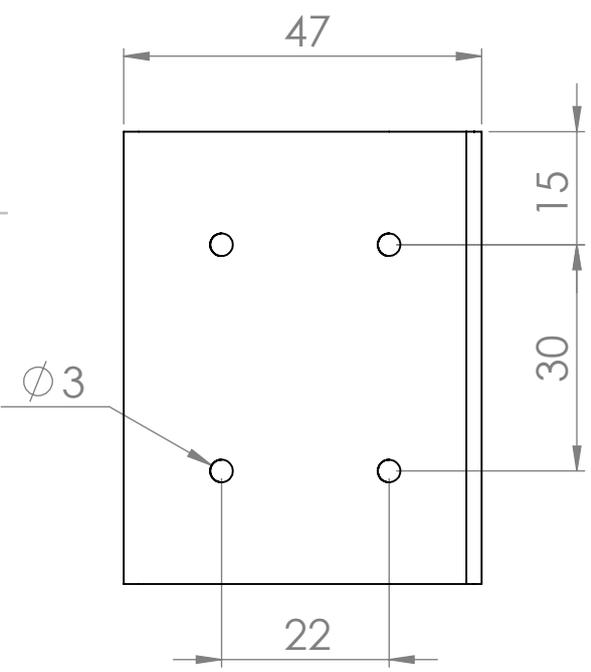
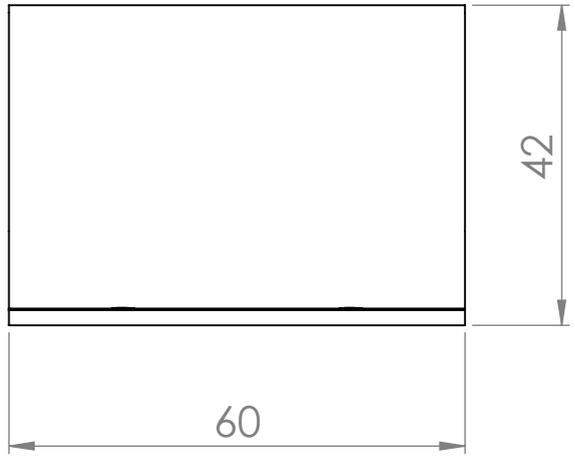
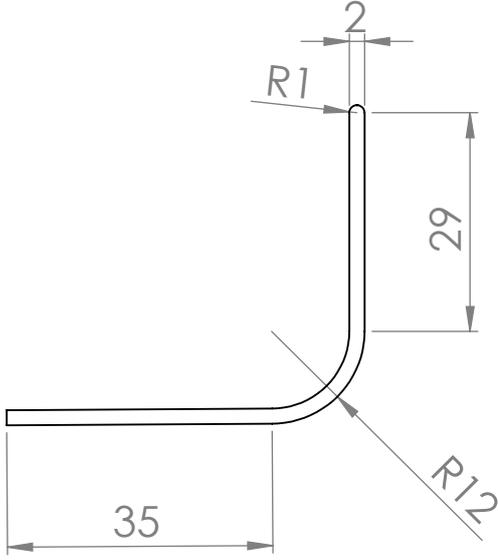
# 21

A4

WEIGHT:

SCALE:5:1

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

Quantidade: 1

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**Chapa de suporte -  
 sistema retracção**

DWG NO. **22**

MATERIAL:  
 Aço inoxidável

SCALE: 1:1

SHEET 1 OF 1

A4