



Universidade de Aveiro

Ano 2022

Gabriel Nunes da Silva Desenvolvimento de produtos a partir de plásticos reciclados dissimilares



Universidade de Aveiro
Ano 2022

Gabriel Nunes da Silva Desenvolvimento de produtos a partir de plásticos reciclados dissimilares

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 do Doutor Vítor Fernando Santos Neto, Professor auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro, e do Doutor Gonçalo João Ribeiro Gomes, Professor auxiliar do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro.

Este trabalho foi apoiado pelos projetos UIDB / 00481/2020 e UIDP/00481/2020 - FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia; e CENTRO-01-0145-FEDER-022083 - Programa Operacional Regional do Centro Portugal (Centro2020), no âmbito do Acordo de Parceria PORTUGAL 2020, através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional.

o júri

presidente

Prof. Doutor Ricardo José Alves de Sousa

professor auxiliar no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

arguente

Prof. Doutor Fábio Jorge Pereira Simões

professor adjunto no Departamento de Engenharia Mecânica do Politécnico de Leiria

arguente

Prof. Doutor João Nunes Sampaio

professor auxiliar da Escola de Arquitetura, Arte e Design da Universidade do Minho

orientador

Prof. Doutor Victor Fernando Santos Neto

professor auxiliar no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Gostaria de agradecer à minha família, sem a qual não teria tido o apoio emocional necessário para finalizar este projeto.

Os meus orientadores Victor Neto e Gonçalo Gomes, que fizeram prova de paciência e compreensão ao longo do processo. Disponíveis, e dispostos a dar as palavras e empurrão certo quando necessário.

O técnico Virgílio Araújo, que esteve sempre disponível a ajudar nos processos experimentais. Grande companhia, manteve sempre o laboratório um local de aprendizagem e partilha.

Toda a comunidade da Smart Plastic Lab, na qual as interações sempre foram críticas e extremamente interessantes para o desenvolver e aprimoramento do projeto.

Todos os meus amigos, que nos momentos mais desafiantes fizeram prova de paciência e me souberam motivar.

palavras-chave

design, sustentabilidade, plástico, reciclagem, mobiliário de escritório, plásticos mistos.

resumo

Os plásticos são materiais extremamente variados e conseqüentemente versáteis. Estes dois fatores, juntamente com a acessibilidade, resultaram na rápida democratização do seu uso mais variado. O estudo do estado da arte permitiu perceber que face aos obstáculos da sua separação, reciclagem e gestão inapropriada do seu ciclo de vida, parte dos resíduos plásticos tem atualmente como destino aterros sanitários.

Este projeto constitui através da engenharia e do design, uma análise sobre a revalorização de plásticos mistos através do processo de moldação por compressão. Nesta ótica, o projeto orienta-se no desenvolvimento de produto a partir destes plásticos. Com o objetivo de mitigar o impacto ambiental gerado pelo descarte destes resíduos. E empregar o uso dos mesmos a fim de evitar a prospeção de matérias virgens.

De modo a ganhar melhor conhecimento sobre o uso de plásticos reciclados misturados, recolheu-se uma amostra de uma fábrica de reciclagem local. Efetuaram-se testes, para aferir as melhores condições de uso para a amostra através de moldação por compressão e avaliou-se o desempenho mecânico dos resultados. O que permite, ter uma melhor compreensão sobre o comportamento do material durante os processos e as limitações que a mistura comporta para o desenvolvimento de produto.

O presente resultado, serve como contributo á sensibilização sobre os problemas associados ao sobre consumo e fraca gestão do ciclo de vida de materiais plásticos. Este projeto culminou no desenvolvimento de um sistema de separação para escritórios numa ótica sustentável. O que comporta um enquadramento onde se expõem a problemática ao utilizador através de contacto direto e prolongado com o produto. E tem uma intervenção positiva na pegada ecológica pela escala e volume de materiais revalorizado. Este produto, serve como exemplo da aplicabilidade prática desta tipologia de materiais. Para o que pode, e deve, ser uma alternativa às matérias-primas convencionais mais explorada.

keywords

design, sustainability, plastics, recycling, office furniture, mixed plastics.

abstract

Plastics are extremely varied and therefore versatile materials. These two factors, together with accessibility, resulted in the rapid democratization of its more varied use. The study of the state of the art made it possible to understand that, given the obstacles of separation, recycling and inappropriate management of its life cycle, part of the plastic waste is currently destined for landfills.

This project constitutes, through engineering and design, an analysis on the revaluation of mixed plastics through the compression molding process. From this point of view, the project is oriented towards product development using these plastics. With the objective of mitigating the environmental impact generated by the disposal of these residues. And employ it's use to avoid the prospection of virgin materials.

To gain better understanding about the use of mixed recycled plastics, a sample was taken from a local recycling factory. Tests were carried out to assess the best conditions of use for the sample through compression molding and the mechanical performance of the results was evaluated. This allows for a better understanding of the behavior of the material during the processes and the limitations that the mixture entails for product development.

The present result serves as a contribution to raising awareness of the problems associated with over consumption and poor management of the life cycle of plastic materials. This project culminated in the development of an office separator system from a sustainable point of view. This includes a framework where the problem is exposed to the end user through direct and prolonged contact with the product. And it has a positive impact on the ecological footprint due to the scale and volume of revalued materials. This product serves as an example of the practical applicability of this typology of materials. For what can, and should, be an alternative to conventional raw materials more explored.

1	Introdução	2
1.1	Problemática	4
1.2	Enquadramento	5
1.3	Metodologias de Investigação	7
1.4	Guia de leitura	9
2	Estado da Arte	10
2.1	Plásticos	12
2.2	Tipos de Reciclagem	18
2.3	Reciclagem Mecânica	20
2.4	Compatibilidade entre Plásticos	23
2.5	Processos de Fabrico	24
2.5.1	Moldação por Compressão	26
2.6	Design para sustentabilidade	28
2.7	Casos de Estudo	31
3	Exploração do material	42
3.1	Metodologias do projeto	44
3.2	Caracterização da matéria-prima	44
3.3	Processo experimental	47
3.3.1	Identificação dos Materiais	47
3.3.2	Processamento de material	51
4	Desenvolvimento de Produto	62
4.1	Exploração de ideias	64
4.2	Estudo do Mercado	72
4.3	Benchmarking	74
4.3.1	Comportamento do utilizador	76
4.4	Brief para novos produtos	78
4.5	Separadores de Escritório	79

4.6 Conceito	81
4.7 Propostas	82
4.8 Maquetização	86
4.9 Separador de escritório final	88
4.10 Projeto de Detalhe	92
5 Conclusão	96
5.1 Considerações finais	98
5.2 Desenvolvimentos futuros	100
Referências Bibliográficas	102
Índice de figuras e tabelas	108
Anexos	114

Capítulo

1 Introdução

- 1.1 Problemática
- 1.2 Enquadramento
- 1.3 Guia de Leitura
- 1.4 Metodologias de investigação





Figura 1- Saco de plástico.

1.1 Problemática

Os sistemas de separação e reciclagem dos polímeros termoplásticos evoluiu significativamente nos últimos anos. Cada vez mais a matéria-prima termoplástica reciclada devidamente caracterizada toma maior lugar no mercado. Seja por questões qualitativas, dado que é igualmente apta de resultar em produtos de alta-fidelidade. Ou mesmo económico, que com a oscilação do preço do barril de petróleo a indústria tem-se inclinado sobre matérias-primas secundárias.

No entanto, os processos convencionais de reciclagem de resíduos poliméricos nem sempre resultam numa matéria-prima livre de contaminações. Resultado este dos processos de fabrico associados aos produtos, o seu uso, nos processos de reciclagem ou mesmo na gestão dos resíduos. Com base num mercado onde o plástico contaminado não tem um lugar significativo, estes resíduos destinam-se geralmente a incineração ou aterro sanitário.

Face a este desperdício, percebe-se a necessidade de explorar processos de fabrico e reciclagem de materiais de modo a valorizar o material. Tal, serve de oportunidade de desenvolvimento de novos produtos nos quais se utilizam estes materiais a benefício do mesmo.

1.2 Enquadramento

Este projeto tem como objetivo, o reaproveitamento de desperdícios plásticos resultantes da indústria de reciclagem e transformação de plásticos. Encontrar, através do desenvolvimento de um novo produto, forma de valorizar estes resíduos, evitando assim prospeção de novas matérias primas e mitigar o impacto ambiental gerado pelo descarte destes resíduos.

A necessidade de encontrar uma solução para a valorização destes resíduos surge naturalmente face ao crescimento do uso de materiais poliméricos em todo o tipo de setores da indústria.

Os plásticos, tem vindo a tomar um lugar muito importante no nosso dia a dia, conseqüentemente, a indústria tenta acompanhar as crescentes exigências do mercado. Deste modo, percebe-se que o plástico não é apenas um material conveniente do nosso cotidiano. Adquiriu igualmente um papel de grande importância na nossa economia.

Em 2015, o setor dos plásticos emprega cerca de 1.5 milhões de pessoas na União Europeia, com uma receita em torno dos EUR 340 bilhões. (European Commission, 2018)

Segundo (Plastics Europe, 2021), estima-se que a Europa (EU27+3), em 2020, tenha utilizado cerca de 50Mt (49.1Mt) de matéria-prima polimérica virgem. Dos 30 países em causa, os 6 com indústrias mais desenvolvidas, (Alemanha, Itália, França, Polónia, Espanha, Reino Unido) representam 70% deste consumo. Os principais usos são nas embalagens, que cobrem cerca de 40% do uso, setor da construção, neste caso 20%, e o setor automóvel 9%.

No entanto, estima-se que em 2020 foram recolhidas 29.5 Mt de plástico pós consumo. Destes, 42% serviram a recuperação energética, 34.6% foi efetivamente reciclado, porém, quase um quarto, 23.4% teve como destino o aterro sanitário.

Verifica-se que o balanço de resíduos plásticos com destino o aterro sanitário tem vindo a descer significativamente nos últimos anos, dando lugar a reciclagem e recuperação energética. No entanto, embora com um balanço positivo, estes números estão longe de ideais. Principalmente tendo em conta que estes dados apenas englobam resíduos plásticos que foram de facto recolhidos. E excluindo ainda que dos 34.6% reciclados, se englobam resíduos plásticos Europeus que são exportados afim a serem reciclados fora da Europa (Plastic Europe, 2021).

Tem que se ter igualmente em conta que estes dados são aferentes a uma realidade europeia, para a qual se entende que representa um comportamento exemplar relativamente a reciclagem para o resto do mundo.

Metade do plástico produzido até hoje data dos últimos 15 anos (Parker, L, 2019). É evidente que existe uma crescente dependência deste este material, para o qual não temos processos otimizados para o gerir. Como percebemos, produtos com um ciclo de vida estimado a alguns dias no caso de embalagens até 50 anos para mobília ou plásticos introduzidos no setor da construção. Existe um problema, dado que para além da maior parte dos materiais poliméricos provirem da indústria petroquímica (tem por base o uso de petróleo), um recurso não sustentável. Temos igualmente de perceber que são materiais extremamente duráveis, cujo tempo de decomposição está nas centenas de anos. Deste modo, temos em mão não só os resíduos poliméricos atuais. Podemos igualmente contar com uma afluência de resíduos que correspondem aos plásticos utilizados atualmente cuja longevidade é de várias décadas.

As soluções atuais para a gestão destes recursos, permanece a recuperação energética e a reciclagem, sendo a última a de maior interesse ecológico.

A reciclagem mecânica é um processo no qual os plásticos são separados de materiais de outra natureza, são então divididos em função do tipo de plástico e processados, de modo a serem reintroduzidos no mercado. No entanto, estes processos compreendem sempre uma pequena perda de material, isto resulta geralmente numa mistura de plásticos, e possivelmente alguns materiais de outra natureza. Por norma, tem como destino o aterro sanitário dado que não tem qualquer interesse económico.

Ao longo do projeto, estuda-se os plásticos, a sua reciclagem e processos de fabrico associados, o design e o seu papel para um desenvolvimento sustentável. Observa-se o comportamento e resultado destes desperdícios como matéria-prima associado a um processo de moldação por compressão. O que permite ter uma perceção direta e indireta do possível desempenho da mistura de materiais.

1.3 Metodologias de Investigação

Os métodos adotados para meio de concretização deste projeto consistiram na análise da bibliografia acerca do panorama atual do setor dos termoplásticos e a sua reciclagem. Também é alvo de pesquisa, perceber o estado atual dos elementos que compõem o design para sustentabilidade.

Ao longo do projeto agrupou-se um conjunto de casos de estudo que acomodam similaridades às temáticas abordadas. Dos quais se podem retirar ideias e linhagens de pensamento.

Visitou-se uma empresa de tratamento de resíduos plásticos local, para ganhar melhor entendimento acerca do material.

Já numa vertente prática, com o auxílio dos equipamentos presentes no Smart Plastic Lab do Departamento de Mecânica da Universidade de Aveiro. Realizaram-se testes a amostras de plásticos mistos de modo a verificar a melhor forma de os processar e como se comparam a plásticos convencionais.

Para o desenvolvimento de produto, optou-se pelo processo de design Double Diamond (fig 2), no qual existem 4 fases: Discover; Define; Develop; e Deliver (Design council, 2019), caracterizadas pela alternância entre a abrangência e convergência de ideias. Neste contexto, a pesquisa e exploração de desenho tornam-se ferramentas muito interessantes para “descobrir”, (discover) sem grandes pressupostos. Já o maleamento prático do material, torna-se crucial para filtrar as opções até permanecer apenas uma.

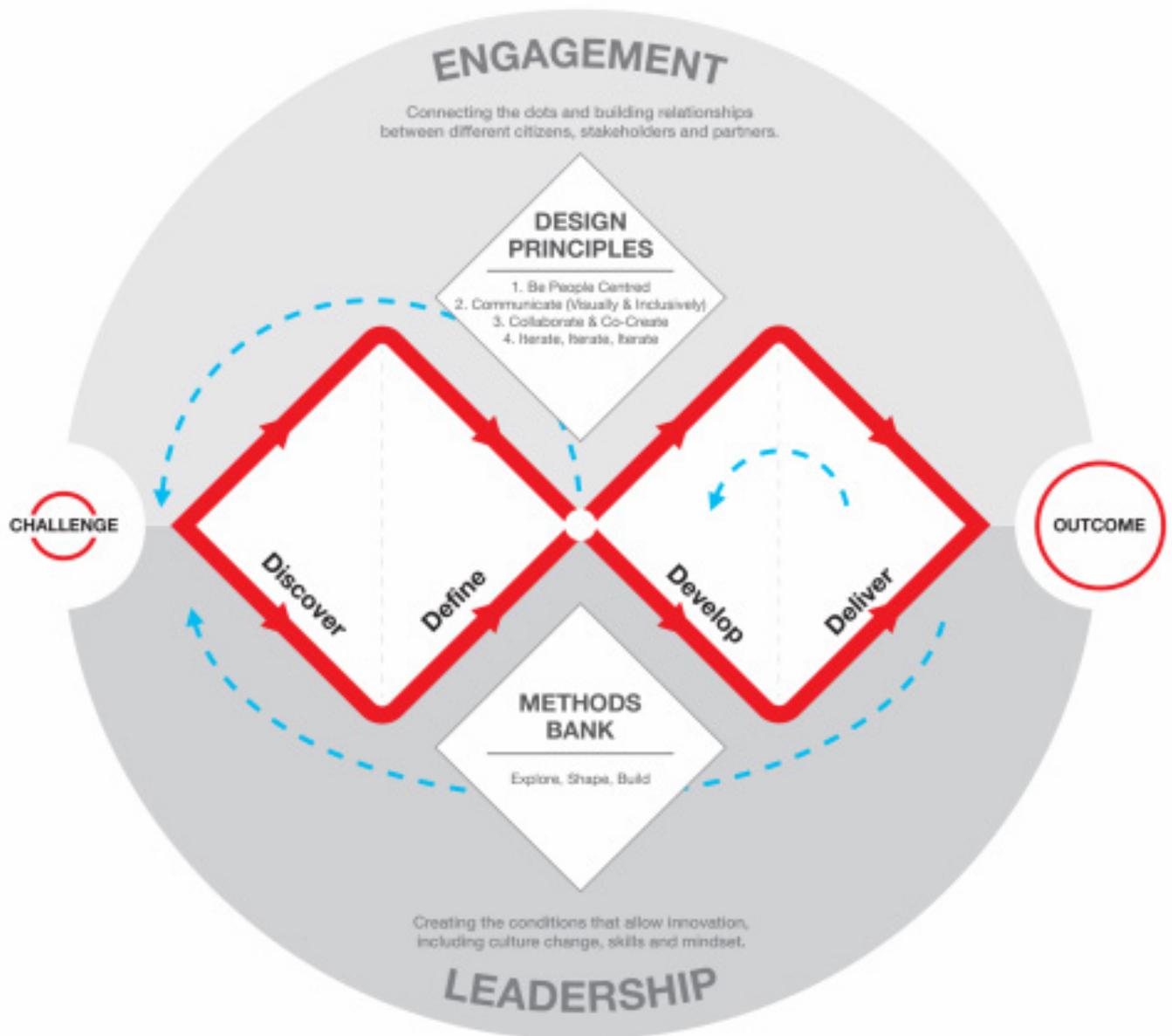


Figura 2- Esquema de pensamento Double Diamond.

Após definir, o desenho e maquetização são elementos que formulam o resultado final em função do que se verifica do mercado através de um benchmark.

1.4 Guia de leitura

Este documento divide-se em quatro capítulos, o primeiro para enquadrar contextualizar a presente documento, um para uma investigação teórica (estado da arte), e os outros dois para investigação prática, das quais da caracterização de material e desenvolvimento de produto respetivamente.

O segundo capítulo, estado da arte, agrupa o resultado do conjunto de pesquisas e análise da bibliografia alusiva à caracterização de materiais poliméricos. Quais os plásticos mais comuns, os seus usos e o seu ciclo de vida. É importante perceber de que forma estes materiais são recondicionados através de processos de reciclagem e qual o papel da separação dos mesmos.

O terceiro Capítulo destina-se a uma investigação prática, na qual, a partir de uma mistura de plásticos, se tenta obter uma aglutinação da mistura. Este processo passa por tentar identificar os polímeros presentes, aferir temperaturas e pressões em testes de moldação por compressão e perceber características mecânicas oferecidas pela resultante comparada mente a plásticos convencionais.

Já no quarto capítulos, a partir dos resultados obtidos, aferir possibilidades de conceção de um novo produto no qual melhor se insere esta tipologia de material. Este processo passa pela caracterização de um públicos-alvo, estudo do mercado no qual se pretende introduzir o artigo. Construção e evolução estratégica de ideias a fim de apurar uma solução de uso viável ao material.

Capitulo

2 Estado da Arte

2.1 Plásticos

2.2 Tipos de reciclagem

2.3 Reciclagem mecânica

2.4 Compatibilidade entre polímeros

2.5 Processos de fabricação

2.5.1 Moldagem por Compressão

2.6 Design para sustentabilidade

2.7 Casos de estudo





Figura 3- Resíduos de plástico pós consumo, garrafas PET.

2.1 Plásticos

Os polímeros são materiais compostos de longas cadeias moleculares, estas cadeias são formadas de estruturas chamadas monómeros. Quando combinados (polimerização), estes monómeros, resultam em macromoléculas denominadas polímeros, ou plásticos, se misturados com aditivos para, por exemplo resistirem melhor à degradação por ultra-violetas ou á chama. (Shrivastava, 2018), (Goodship, 2007).

Para efeito deste projeto, o foco deste documento assenta sobre plásticos, tanto pelo seu vasto uso mas igualmente pelas características que oferece.

Os plásticos englobam uma grande variedade de materiais, sendo que particularidades destes materiais tenham inúmeros usos. Esta variedade, que resulta numa grande versatilidade dos meios onde se pode incorporar. Conjugado com boas propriedades mecânicas e preço baixo, estes materiais tornaram-se rapidamente de uso massivo.

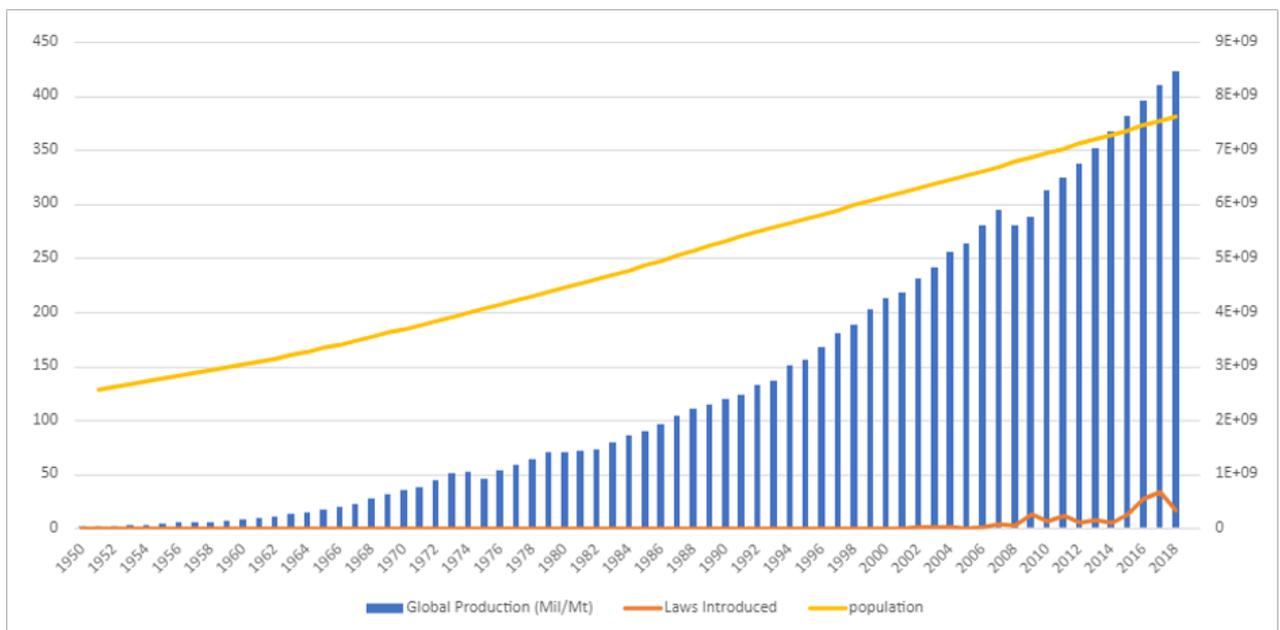


Figura 4- Evolução da produção mundial de plástico entre 1950 e 2018 em função do aumento da população.

Os plásticos podem ser divididos em três principais grupos; termoplásticos, termoendurecíveis e elastômeros. Esta distinção associa-se às características inerente dos materiais e o comportamento que adotam durante a sua conformação (Goodship, 2007)

Os elastômeros, demarcam-se dos outros plásticos pela sua capacidade de sofrer grandes deformações elásticas quando submetidos a forças. Alguns elastômeros mais comuns são o cis-polyisoprene (NR) borracha natural, o cis-polybutadiene (BR) e o styrene-butadiene rubber (SBR).

Os termoplásticos são compostos de ligações entre moléculas que lhes confere a capacidade de se reconformarem. Após expostos a temperaturas que lhe conferem viscosidade. Tornam-se maleáveis o suficiente para se conformarem à geometria pretendida e endurecer quando arrefecidos (Goodship, 2007).

Os termoplásticos mais comuns são o polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS) e policloreto de vinilo (PVC). O polietileno pode ser categorizado como de alta densidade (HDPE), baixa densidade (LDPE) e baixa densidade linear (LLDPE) (Goodship, 2007) (Plastic Europe, 2017).

Os plásticos termoendurecíveis podem ser moldados apenas uma vez, pois o processo de solidificação dá-se através de uma reação química irreversível. Alguns termoendurecíveis mais utilizados são o Poliuretano (PUR) (construção/isolamento, estofamento/mobiliário), resinas melamina (balcões de cozinha, pavimento, estruturas ignífugas), resinas epóxi. Dada a natureza irreversível do processo de polimerização termoendurecível apenas podem ser reciclados quimicamente, embora seja de notar que tem geralmente uma vida útil mais extensa.

Estas diferenças inerentes, conferem-lhes não só diferentes formas de fabrico, mas colocam em causa igualmente a possibilidade de os reciclar de forma eficiente. Perante o foco deste projeto, os termoplásticos são os plásticos que serão alvo de estudo prático. Dado a facilidade com que se reciclam e o intenso uso que lhes é dado atualmente.

Os termoplásticos, ainda se podem categorizar em função das suas cadeias moleculares. Os plásticos amorfos, formam cadeias com uma estrutura irregular. Os semicristalinos, tem uma mistura de estruturas regulares e irregulares, o que lhes confere uma aparência translúcida (Ashby & Johnson, 2014).

Divisão do uso de plásticos na Europa por setor 2020

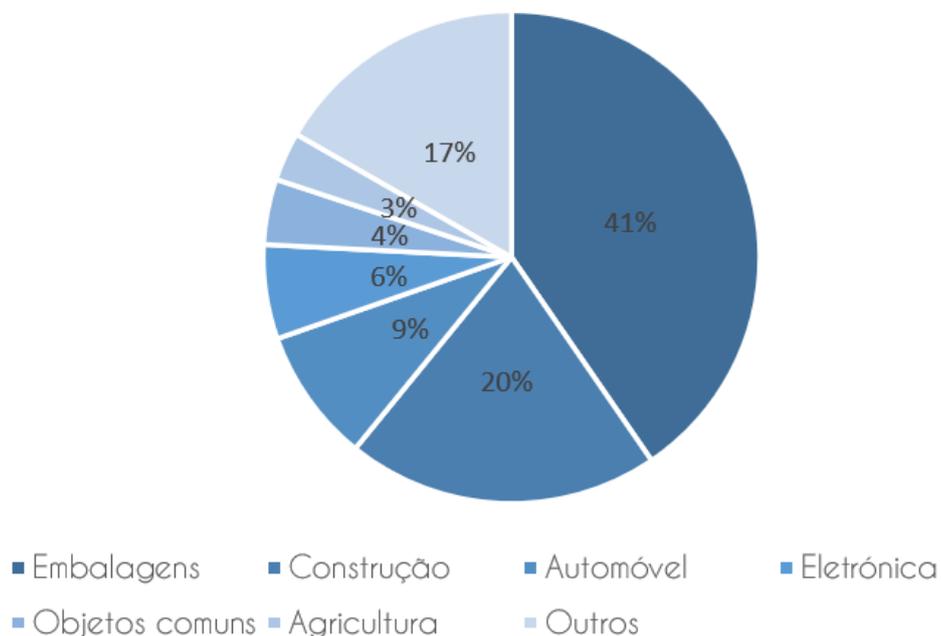


Figura 5- Setor nos quais mais se utilizam plásticos.

Existe uma grande variedade de plásticos, cujas diversas características fazem com que tenham um vasto campo de aplicações. Nos países membros da EU-27+3 destaca-se o uso do plástico em embalagens (41%), seguido pelo setor da construção, indústria automóvel, produtos eletrónicos, entre outros, como podemos observar na (Fig 5). Embora este gráfico reflita apenas a estimativa do uso de plásticos virgens na indústria europeia, verifica-se grande parte dos plásticos são de uso de curta duração (embalagens). E muitos outros, como os da construção e automóvel, representam um volume de resíduos que apenas serão reprocessados daqui daqui a décadas (Eriksen, Astrup, 2019).

Distribuição por tipo de plásticos usados na Europa 2020

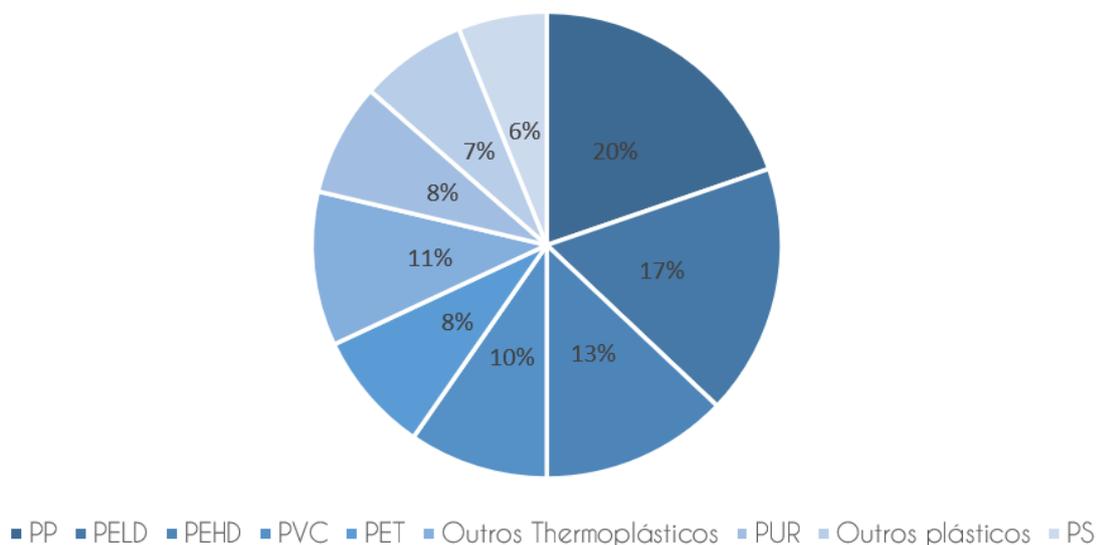


Figura 6- Resinas plásticas mais utilizadas na Europa em 2020.

Podemos observar na (Fig 6) o consumo de plástico dividido por tipo e setor de aplicação na EU-27. Existem evidentemente variações entre países dependendo dos setores industriais mais prevalentes, até porque se percebe que existe uma relação muito próxima entre os usos principais; Embalagens e Construção e o tipo de plástico neles utilizados (fig6), PE, PP, PET e PS são mais utilizados em embalagens enquanto o PVC, PS e PUR dominam no setor da construção (Goodship, 2007), (Shen, Worrell, 2014).

Junto das correspondentes simbologias, podemos observar alguns dos usos dos plásticos mais utilizados. Os símbolos e números são elementos de identificação e separação para produtos que usam plásticos.

Como é evidente, a utilização de plásticos está amplamente disseminada em todos os setores de atividade. A vasta gama de plásticos consegue ser flexível na sua manufatura, em aspetos técnicos, estéticos e



Polietileno tereftalado, utilizado em Garrafas de água, bebidas, detergentes, produtos farmacêuticos. Embalagens alimentares, embalagens para medicamentos.



Polietileno de alta densidade usado em embalagens de natureza mais robusta como garrafas, barris, jerricans filmes para sacos ou embalagem.



Policloreto de vinilo empregue em embalagens para medicamentos, filmes para alimentos, perfis e painéis para janelas e portas.



Polietileno de baixa densidade geralmente sobre forma de folhas e filmes para uso alimentar, filme tubular, sacos.



Polipropileno, presente em toda a casa, baldes, caixas, tampas de garrafas, embalagens para plantas, copos e garrafas para leite e iogurtes, fita cola industrial.



Poliestireno Embalagens descartáveis de produtos alimentares /restauração. Embalagens de restauração rápida, proteções para transportes.



Outros, como Policarbonato (PC) ou (ABS), acrilonitrilo-butadieno-estireno em garrafas reutilizáveis, utensílios de cozinha. Brinquedos, filamentos, bens domésticos, peças automóvel...

Figura 7- Símbolos correspondentes aos tipos de plásticos

mesmo económicos. Para isso contribui o recurso a aditivos, ou mesmo a combinação com outros materiais, para formar um composto (como por exemplo a polímeros reforçados de fibra de carbono). Estes procedimentos, embora atrativos no imediato, geram complicações futuras na reciclagem dos produtos (Eriksen, Astrup, 2019), (Shen, Worrell, 2014).

2.2 Tipos de Reciclagem

A reciclagem tem um papel fundamental atualmente, não só para garantir um processamento adequado dos resíduos, mas também para melhor aproveitamento dos recursos naturais.

Embora este panorama tenha vindo a melhorar gradualmente, o plástico continua a ser um material que precisa de ser mais reciclado face ao seu consumo. (Shen, Worrell, 2014)

Na (fig 8) podemos verificar que a reciclagem e recuperação energética tem vindo a tornar-se soluções cada vez mais significativas. Em contrapartida, o aterro sanitário, felizmente, é cada vez menos uma solução á qual se depende.

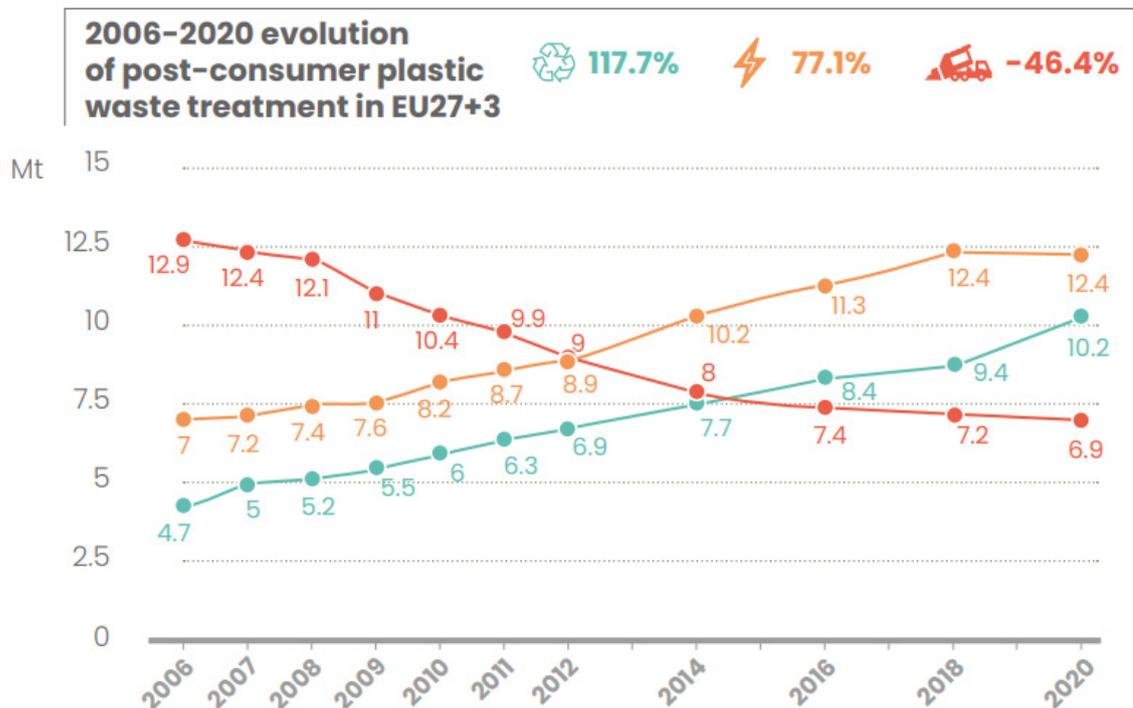


Figura 8- Evolução da gestão de resíduos plásticos pós consumo na Europa entre 2006 e 2020.

Independentemente da forma com que a matéria é reciclada, existe sempre um processo de recolha envolvido. Mediante a escala e setor do qual os resíduos plásticos surgem, as recolhas efetuam-se de formas diferentes. No setor industrial, caso a empresa não consiga reintroduzir os resíduos na sua produção, uma outra empresa trata de recolher o plástico.

Já os resíduos domésticos, são geralmente geridos através de pontos de recolha, mais conhecidos como ecopontos. Nos quais o cidadão, deposita os seus plásticos de uso doméstico devidamente separado e lavado.

Em função do tipo de plástico, o seu estado de conservação e contaminação, os resíduos podem ter diversos rumos.

A reciclagem é geralmente classificada em quatro tipos: reciclagem primária, secundária, terciária e quaternária. Os dois primeiros tipos correspondem a reciclagem mecânica, a terciária e quaternária a reciclagem química e recuperação energética (incineração), respetivamente. (Goodship, 2007), (Spinacé e Paoli, 2005)

A reciclagem química ou terciária, processa os resíduos de plástico para obter moléculas de menor tamanho, de modo a serem facilmente separadas de impurezas. Este processo, muitas vezes referido como "reciclagem feedstock", produz monómeros para o fabrico de novos polímeros ou outros derivados de petróleo. (Salem et al, 2009)

A recuperação energética ou reciclagem quaternária é, idealmente, o último recurso para a evitar o depósito em aterros sanitários. Consiste na combustão de resíduos plásticos de modo a reduzir volumes e contribuindo positivamente num balanço energético (Goodship, 2007), (Eriksson, 2009).

A reciclagem química e recuperação energética oferecem alternativas vantajosas para a reciclagem. Embora com um custo mais elevado, a reciclagem química oferece soluções interessantes seja no acondicionamento e reintrodução de matéria-prima tratada. Ou transformação de resíduos em combustíveis de maior rentabilidade energética e menor volume.

Por sua vez, a recuperação energética, tem um custo baixo relativamente aos outros tipos de reciclagem. Conseguem-se rendimentos e emissões variadas em função do tipo de combustão e tecnologia envolvida.

Mediante a ótica de trabalho deste projeto, o tipo de reciclagem que mais se enquadra como objeto de estudo é a reciclagem mecânica. Coincide com as ideologias de sustentabilidade e recuperação integral do material, de modo a não só revalorizar o mesmo, mas também a evitar a extensão de uso de matéria-prima virgem.

2.3 Reciclagem Mecânica

Há dois tipos de reciclagem mecânica: primária e a secundária. A diferença principal reside no tipo de resíduo que é reciclado.

Resíduos plásticos



Recolha



Separação



Lavagem



Trituração



Granulado



Figura 9- Esquema da reciclagem mecânica.

A reciclagem secundária, muitas vezes designada como reciclagem mecânica, utiliza resíduos pós-consumo de um determinado tipo de polímero. Após separação e lavagem, os resíduos são triturados para de seguida serem reprocessados como matéria-prima e novos produtos. Aqui surgem os primeiros problemas, não só da reciclagem mecânica, mas também da reciclagem num panorama geral. Aspetos como o grau de contaminação dos resíduos, números de ciclos de reciclagem e o grau de deterioração, como por exemplo, pela exposição solar ou a produtos químicos são fatores que influenciam a qualidade do produto final.

Nesta forma de reciclagem, após a recolha, os resíduos são separados e classificados com base na sua densidade, cor, tamanho, composição química de modo a garantir o máximo de pureza possível de cada plástico. São processos que nem sempre são automatizados, que por vezes, em função da escala, e economia em que se insere, requerem mão de obra.



Figura 10- Granulado de ABS reciclado pronto a ser reutilizado.

Atualmente, um dos processos mais usados é a separação e classificação através de um scanner NIR (near infra red). Porém, resíduos cuja cor é preta não são eficientemente separados.

Há também a possibilidade de combinar vários métodos de separação para maximizar a homogeneidade da composição do resíduo.

O conjunto de resíduos é muitas vezes compactado para otimizar o seu transporte até uma estação onde será processado. A lavagem garante a remoção de possíveis contaminações, regra geral de natureza orgânica (Maris, 2018), (Wagner et al. 2020). No entanto, permanece um processo que requer um uso vasto uso de água

Por fim procede-se á trituração, de modo a reduzir o compactado de resíduos a peles, flocos ou pó, de modo a facilitar a reintrodução na cadeia. Também se pode investir na produção de granulado, o que acrescenta uma etapa ao processo e, evidentemente, um custo final do produto, que fica, porém, mais homogéneo.

Este novo material reciclado pode ser utilizado como alternativa a matéria-prima virgem, ou parte dela. No entanto, estes processos deterioram as propriedades do material reciclado em cada ciclo.

Deste modo, surge a necessidade de melhorar as propriedades destes materiais de forma a permitir que estes tenham novas aplicações. Atualmente, o mais recorrente é a adição de outros componentes, como material virgem, enchimento, fibras, compatibilizadores ou aditivos, de modo a reforçar e/ou facilitar o manipulamento do material.

Também se tem que considerar que em função do tipo de plástico, a viabilidade e reciclabilidade de cada tipo difere. Podemos ver na (fig 11), a ordem na qual os plásticos mais facilmente são reciclados (Vela, A 2022).

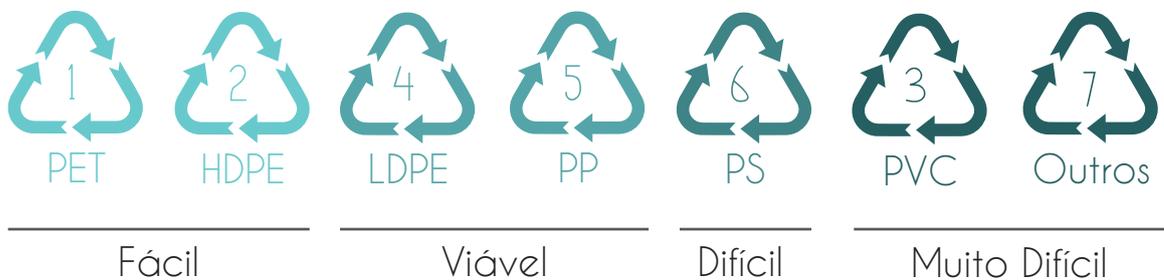


Figura 11 - Reciclabilidade dos plásticos.

Este tipo de reciclagem funciona particularmente bem em tipos de produto cuja contaminação é relativamente baixa (boa parte de embalagens alimentares), e produtos que beneficiam de sistemas de recolha bem estabelecidos, como garrafas de plástico. As regulamentações europeias são muito seletivas, não só no tipo de materiais, mas também na seleção de empresas autorizadas à prática de reciclagem de resíduos plásticos para uso de contacto direto com alimentos.

Caso o grau de contaminação não seja apropriado ao produto de origem ou à sua manufatura, pode-se direcionar a matéria para produtos com menores exigências. Como por exemplo resíduos de garrafas plásticas que serão utilizadas na produção de sacos. (Eriksen, Astrup, 2019), (Ragaer et al., 2017)

2.4 Compatibilidade entre Plásticos

Existe literatura associada ao estudo da compatibilização de blends plásticos. Seja a compatibilização de blends de termoplásticos, blends de termoplásticos e termoendurecíveis, elastómeros-termoendurecíveis, elastómeros-termoplásticos ou mesmo a adição de enchimentos ou fibras em polímeros. (Maris, 2015)

Regra geral, estes estudos surgem perante a necessidade de criar alternativas á recuperação energética ou aterro sanitário para as misturas de plásticos ou mesmo plásticos contaminados.

Percebe-se empiricamente, que perante a necessidade atual de separar resíduos plásticos, a compatibilidade entre os mesmos não será tarefa fácil. Mediante o estudo do estado da arte, a mistura de diferentes materiais poliméricos é possível, resulta, no entanto, num material de fraco desempenho mecânico comparado a plásticos convencionais. (Jia Hong, 2015), (Maris, 2018) A maior parte dos polímeros são termodinamicamente imiscíveis, isto é, resultam numa mistura heterogénea. Segundo a teoria Flory-Huggins , a miscibilidade de uma blend de polímeros pode ser determinada.

Misturas heterogéneas, como referido tem um fraco desempenho mecânico, no entanto, como nos indica (Hanna, 2019) ou em (Scobbo, 2003), este desempenho pode ser manipulado. Não só pelas proporções de materiais da blend como também pela adição de compatibilizadores. Neste caso, testou-se uma blend de PP/PE com o uso de EPDM (propylene diene monomer). Verificou-se que embora a resistência á tração tenha sofrido com a adição de EPDM, a elongação á rotura beneficiou deste aditivo significativamente.

Embora o estudo de blends seja recorrente na literatura, dificilmente se documenta o uso de plásticos de forma não controlada, nos quais existem mais de dois plásticos, e em quantidades variáveis.

Verifica-se que pelos pobres resultados que a blends tem na bibliografia, existe razão para a sua ausência no mercado e a forte necessidade no imediato de separar plásticos. Pode-se imaginar, que uma mistura com maior número de polímeros envolvidos, em quantidades menos controladas, resulta num desempenho igualmente pobre ou ainda pior.

2.5 Processos de Fabrico

Os processos de fabrico, como o nome indica, são os processos envolvidos numa produção eficiente de um determinado componente ou produto.

Os plasticos são por base materiais com propriedades de fácil processamento. Em muitos casos, esta transformação passa por uma moldação que permite transformar a matéria-prima num componente acabado ou quase.

Existem diversos processos de moldação, entre as quais a moldação por injeção, sopro, extrusão, compressão, rotomoldação, transferência ou até mesmo vazamento.

Todos eles apresentam as suas características, o que os torna mais adequados para determinados tipos de produtos ou materiais. Estes processos variam em diversos aspetos, nomeadamente a rapidez no qual se executa um ciclo de produção, a eficiência de uso de material, gasto energético, custo de equipamento e manutenção ou mesmo a complexidade e dimensão das geometrias que os moldes permitem (Harper, 2006) e (Chandas, 2007).

Moldação por compressão

Melhor uso

Peças de geometria simples de pequena a grande dimensão.

Produtos

- ▶ Capôs e Para-lamas
- ▶ Paletes
- ▶ Equipamento industrial
- ▶ Pequenas peças auto

Moldação por Injeção

Melhor uso

Qualquer tipo de peças ou produtos de plástico. Produções em grandes quantidades.

Produtos

- ▶ Garrafas
- ▶ Interruptores
- ▶ Dispositivos médicos
- ▶ Tampas de garrafas

Termoformação

Melhor uso

Peças de plástico geralmente com espessuras não regulares.

Produtos

- ▶ Copos de plástico
- ▶ Tampas e recipientes
- ▶ Peças auto
- ▶ Interior de frigoríficos

Figura 12- Usos comuns da moldação por compressão, injeção e termoformação.

Nas figuras (fig 12 e fig 13), podemos observar os usos mais comuns para alguns processos.

No contexto deste projeto, a moldação por compressão será o processo escolhido. Este processo é interessante pela sua simplicidade e baixo custo.

É um método para o qual não existe uma homogeneização do material fundido durante o procedimento.

É importante referir que não existe afinamento da matéria-prima como a moldação por injeção ou extrusão. O que poderia causar entupimento visto que os materiais na mistura são de natureza diferente, o que engloba temperaturas de fusão igualmente dispares.

O objetivo será de avaliar quais são as limitações e/ou vantagens associadas ao uso deste método para processamento de uma mistura de plásticos.

Rotomoldagem

Melhor uso

Peças ocas de plástico de média e grande dimensão. Espessuras não regulares.

Produtos

- ▶ Contentores de reciclagem
- ▶ Peças automóvel
- ▶ Cones de sinalização
- ▶ Flutuadores e caiaques

Moldação por extrusão

Melhor uso

Peças de plástico simples, de perfil fixo (por exemplo um quadrado ou círculo)

Produtos

- ▶ Palhas e mangueiras
- ▶ Pavimento (deck)
- ▶ Tubos de PVC
- ▶ Caleiras

Moldação por sopro

Melhor uso

Peças de plástico ocas de pequena ou média dimensão, paredes com espessura variável.

Produtos

- ▶ Garrafas
- ▶ Tanque de combustível
- ▶ Cones de sinalização
- ▶ Regadores

Figura 13- Usos comuns da moldação rotacional, extrusão e por sopro.

2.5.1 Moldação por Compressão

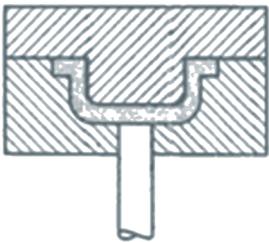
A moldação por compressão é um processo relativamente simples. O processo passa por depositar grânulos do material a moldar parte, na fêmea do molde quente. De seguida, uma prensa irá comprimir a parte macho do molde (Fig 14). O calor proveniente do molde funde o material, enquanto, a pressão faz com que ele preencha todas as cavidades do molde. Por fim, o material acaba por solidificar após o arrefecimento. Este processo pode ser mais ou menos complexo, geralmente, sistemas otimizados baixam a temperatura dos moldes através de circuitos de refrigeração. O que permite, a uma grande escala, agilizar o processo (Chandas, 2007).

Geralmente, são necessárias outras operações, como rebarbagem, polimentos, e mesmo furações para obter a peça pretendida.

Aquecimento e
Carga do molde



Compressão e
arrefecimento



Desmoldação

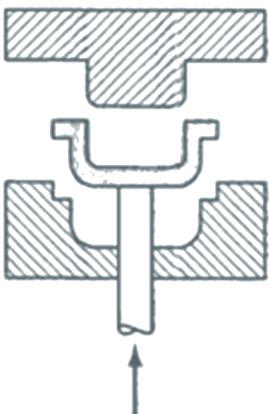


Figura 14- Esquema da moldação por compressão



Na fig 15, pode se observar as duas partes de um molde desenvolvido para a produção de vasos, e as peças resultantes.

A moldação por compressão, compreende algumas vantagens relativamente a outros processos. Consumos energéticos mais baixos, pouco desperdício de material, fácil manutenção do equipamento e poucos artefactos/marcas na moldação.

Portanto, é um método lento, o que restringe a cadência de produção. Limitado a peças de baixa complexidade e requer geralmente ações subsequentes para acabamentos (retirar rabarbas).

Permite a produção de peças de morfologia relativamente simples tais como revestimentos plásticos de eletrodomésticos, louça de plástico, tampas ou mesmo componentes automóveis. (Rodrigues e Martins, 2010), (Ashby, 2014)

Figura 15- Molde de vaso e vaso produzido a partir de resíduos da industria agrícola.

2.6 Design para sustentabilidade

Design for sustainability, (DFS), é uma abordagem ao design, assenta sobre um desenvolvimento a benefício do bem-estar do meio ambiente e das pessoas (Manzini, 2002). Para esse efeito, o design tem sempre em consideração aspetos ambientais, económicos e sociais.

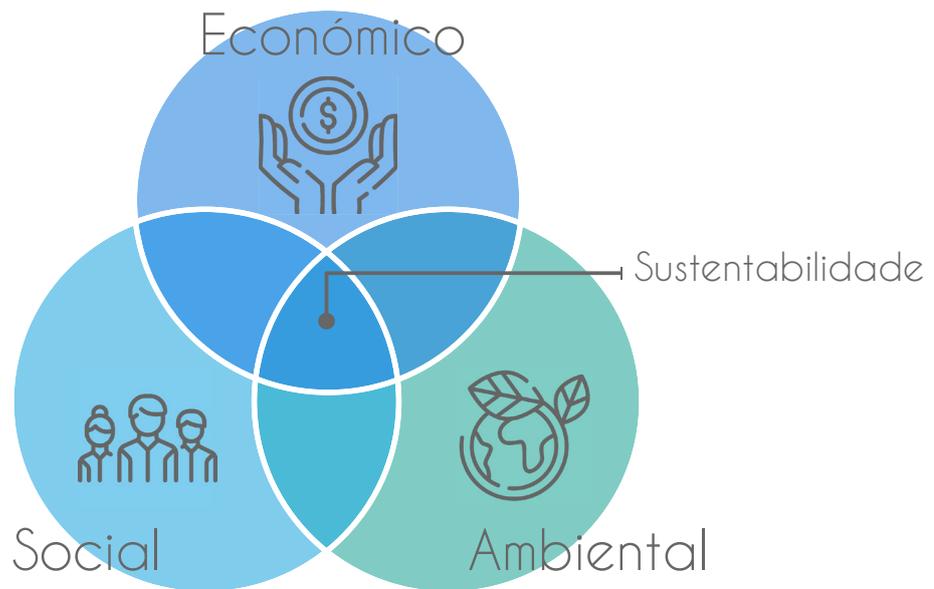


Figura 16- Os três aspetos nos quais o Design para sustentabilidade se assenta.

Percebe-se que mediante o amplo leque que cobre DFS, a literatura aponta que ao longo dos anos, a evolução deste conceito tem-se ampliado. As primeiras abordagens, "Green design", foca-se principalmente em identificar e alterar os aspetos do produto que causam maior impacto ambiental, principalmente os materiais a ele associado, a sua extração e o método de fabrico (Ashby, 1999). Esta ideologia passa geralmente por seguir uma hierarquia de reduzir, reutilizar e reciclar no redesign de um produto (Ceschin, 2020).

Com ferramentas como Life cycle assesment (LCA) ou Ecodesign checklist, a forma como se desenvolvem e avaliam produtos sustentáveis passou a ser mais rigorosa (Ramani k. et al. 2010). Todo o processo desde extração da matéria-prima ao fim de vida do produto é tido em conta "Cradle to Grave". Esta abordagem, foca-se exclusivamente no desempenho ecológico, (Gaziulusoy, 2015). Sem qualquer importância dada ao impacto social do produto associado e comportamentos humanos que desencadeia durante o uso (Ceschin, 2016).

Empregam-se então estratégias de Design for environment DFE, como LCD, Life cycle design. No qual o design toma em consideração a redução de emissões, uso de matérias primas, energia e produção de resíduos de forma quantitativa e qualitativa. Outro aspeto importante de LCD é EOL, management of end of life, que consiste no design que considera e planeia um destino para um produto após o seu tempo de vida.

Atualmente, abordagens como o Emotionally durable design (EDD), Design for sustainable behaviour (DfSB) abrangem algumas lacunas anteriormente observadas. Tem como foco, guiar o utilizador a um consumo e comportamento ecologicamente responsável através do design (Vallero e Brasier. 2008) e (Ceschin, 2016). Sendo este um dos aspetos que se enquadra perfeitamente na metodologia double diamond, onde se destacam princípios de design que promovem o envolvimento das pessoas no processo de desenvolvimento e desta forma expõem as ideias e problemas associados. (Design Council, 2019).

Cradle-to-Cradle design (CTC), também é uma pertinente abordagem na qual se salienta a importância de perceber os resíduos como recursos eternos. Esta metodologia assenta-se sobre o conceito de que os resíduos são alimento, o que significa que lixo, pode servir a alimentar novos ciclos de produção e produtos.

O ciclo biológico, no qual os materiais são biodegradáveis e são desta forma reintroduzidos à biosfera sobre forma de composto ou outros nutrientes, com os quais se poderão produzir novos materiais. Bons exemplos destes materiais são as fibras naturais, (utilizadas na produção de vestuário ou papel), e bioplásticos como o PLA.

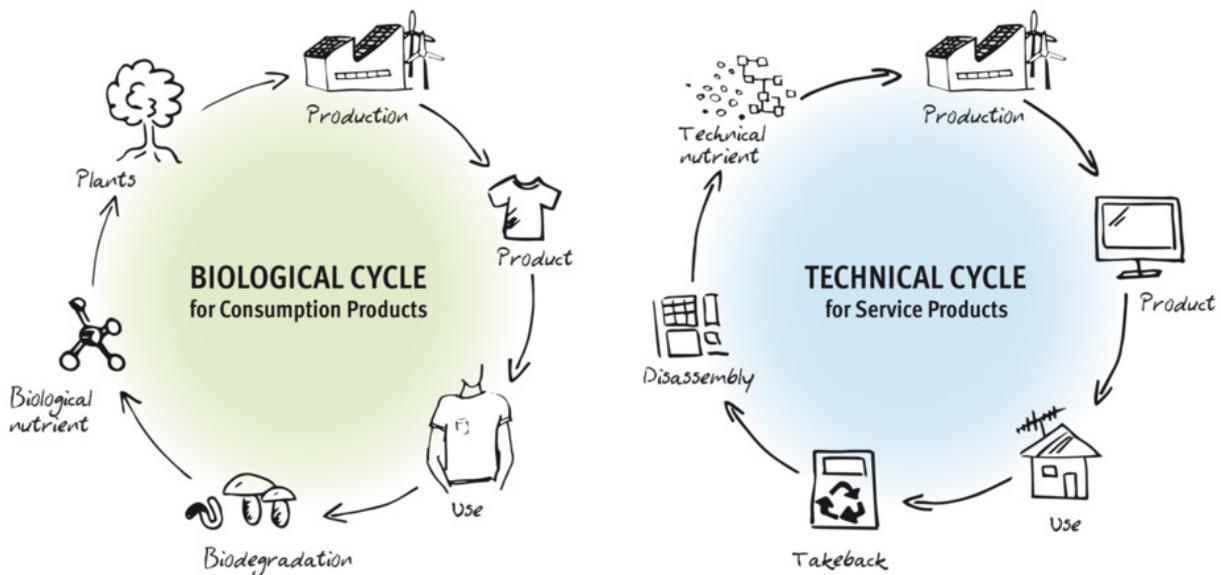


Figura 17- Esquema de Cradle-to-cradle design.

O ciclo técnico, apoia-se na ideia de preservar os materiais (geralmente sintéticos ou minerais) num ciclo fechado de produção recolha e reutilização, onde o material não é gasto durante o uso, é reprocessado e utilizado num novo produto. O vidro é um bom exemplo de um material que se enquadra nesta ótica.

Cradle-to-Cradle design é uma estratégia indispensável ao desenvolvimento de produto na ótica desta dissertação. Onde o uso de matérias-primas recicladas manifestam-se da necessidade de valorizar resíduos plásticos, de evitar o uso de matérias-primas virgens e garantir que estes resíduos não contaminem a biosfera (Wautelet, 2018).

Este conjunto de abordagens surge com o propósito de contribuir para projeção de sustentabilidade ambiental em novos produtos. Onde estas ideias, estão sempre presentes ao longo do processo de desenvolvimento.

O ciclo de vida do produto, reflete e resume perfeitamente a cronologia na qual é importante intervir com o design. Idealmente, para cada fase, opta-se por soluções mais sustentáveis, o que resulta geralmente num design no qual se dá especial interesse a aspetos como:

-A matéria-prima utilizada (a escolha de materiais mais sustentáveis em função da durabilidade que comportam, impacto ambiental da sua extração e processamento).

-Processos envolvidos na produção (procedimentos que envolvam maior gasto de recursos e energia).

-Dar resposta a questões como o seu transporte (packaging mais compacto, com menos uso de materiais, uso de meios de transporte mais ecológicos).

-O impacto ambiental do seu uso (produtos que durante o seu uso requeiram menos matérias-primas ou energia, sejam adequadamente duráveis, se possa facilmente estender esta durabilidade por meio de reparações).

-O papel do design a salientar todo o problema em mão. (de que forma o produto pode ser um meio de comunicar ao utilizador o problema de forma mais ou menos direta)

-A forma como se termina o ciclo de vida do produto (facilmente desmantelável, se é reciclável, compostável, se pode reentrar em cadeias de produção).

2.7 Casos de Estudo

O processo de investigação, permitiu levantar alguns exemplos práticos que seguem conjuntos de ideias paralelas às deste projeto. Nesta parte do documento, consideram-se e analisam-se alguns destes exemplos. Dos quais se pretende perceber de que forma tiram partido das particularidades dos processos e materiais, e como contornam os problemas a eles associados (Fernandes e Junior. 2014).

Tenta-se manter uma abordagem crítica, na qual se identifica alguns dos aspetos mais e menos válidos do que se percebe do design dos produtos. A fim de tentar não reproduzir erros semelhantes e possivelmente tirar partido de técnicas e estratégias às quais já se verificam bons resultados.

Alguns destes casos, dada a continuidade e escala do modelo de negócio, servem igualmente de validação à possibilidade de sucesso desta tipologia de produtos no mercado.

Müll

Tipologia: Produto

Autor: Carter Zufelt

Ano: 2015

País: USA

Materiais: LDPE

Processos: Compressão



Figura 18- Contentores para organização Müll.

Num projeto de perfil académico, Carter Zufelt, Designer industrial repensou o uso de sacos de plástico provenientes de resíduos pós consumo.

Müll foi um produto que, tal como no caso seguinte, se desenvolveu a partir da reciclagem de sacos de plástico (LDPE).



Figura 19- Cubos de LDPE, reciclado.

Os produtos não são diretamente fruto da compressão. A Moldação por compressão tem aqui como papel a produção de um bloco. Este bloco é então posteriormente trabalhado para obter, por exemplo, uma side table (Fig 20).



Figura 20- Banco e sidetable Müll.

Relativamente ao caso seguinte, há maiores perdas de materiais. Devido ao uso de um molde rudimentar e generalizado para diversos produtos, em vez de uma moldação à medida como se verifica na Gomi. Após obter um bloco de material, o mesmo é maquinado (neste caso, manualmente, com um torno) para obter a peça desejada.

Os desperdícios, facilmente se podem reintroduzir na cadeia de produção. No entanto, permanece a questão sobre a redundância do método de produção face ao simples ganho estético.

Denota-se ainda, que o processo de formação e homogeneização da massa de material é extremamente importante no melhoramento das propriedades mecânicas da peça. No entanto, este processo é extremamente longo dado o enorme volume de sacos plásticos necessários.

Gomi Design

Tipologia: Produto, Serviço

País: UK

Autor: Tom Meades

Materiais: LDPE

Ano: 2018

Processos: Compressão



Figura 21- Carregador sem fios Gomi.

A Gomi Design, identifica a necessidade de desenvolver produtos eletrônicos mais sustentáveis. Percebe-se que esta tipologia de produtos representam uma boa parte do consumo de plástico. Para isso, a empresa fornece-se de sacos plásticos de negócios locais, e baterias provenientes de trotinetes e bicicletas elétricas danificadas.

Esta marca propõe uma gama de produtos eletrônicos como. Colunas de som bluetooth, bateria portáteis e carregadores sem fios) (fig 21, 22 e 23).

Á semelhança dos produtos comuns no mercado eletrônico, constrói-se um invólucro plástico para suportar componentes. Estas “caixas” são produzidas através de resíduos de plástico de polietileno de baixa densidade, regra geral provenientes de sacos de plástico. Estes resíduos são de seguida pré aquecidos, misturados e colocados sobre forma de massa viscosa no molde, que é posteriormente prensado. Após a moldagção, são aparados os excessos e feitas furações.



Figura 22- Coluna de som Bluetooth Gomi.

Embora lento, porque boa parte dos processos requerem intervenção de mão de obra. Entende-se que o misturar dos materiais tem um papel importante na obtenção das características visuais do material. Mas também na integridade estrutural do produto.

A Gomi ainda garante a reparação vitalícia dos seus produtos a baixo custo e em final de vida útil, os clientes podem ceder o seu equipamento usado em troca de um desconto. Os resíduos plásticos são reintroduzidos no processo e os componentes eletrônicos devidamente reciclados.



Figura 23- Bateria portátil Gomi.

The Air Baffle

Tipologia: Produto

País: USA

Autor: Michael Ditullo (Kirei Design)

Materiais: PET, Nike Grind Fluff

Ano: 2022

Processos: Compressão

The Air Baffle resulta de um conjunto de parcerias e ideias interessantes. Este produto é uma solução acústica para tetos feito a partir de resíduos de garrafas de plástico (EchoPanel®) e resíduos da indústria da moda desportiva (Nike Grind).

Nike Grind surgiu em 1994, e desde então tem vindo a desenvolver soluções mais sustentáveis para o destino dos seus produtos no fim de vida. Recupera calçado e vestuário usados, tritura-o a fim de o reincorporar em novos produtos.

Esta linhagem de pensamento circular, reflete-se nos produtos da marca (fig 25) ou mesmo na indústria da moda por ela influenciada. A Nike aproveita também para estabelecer parcerias que partilhem valores semelhantes (por exemplo a Amorim) e que sirvam para escoar esta matéria sobre forma de novos produtos.



Figura 24- The Air baffle Kirei studios.



Figura 26- The Air Baffle e o calçado que serviu de inspiração.

Esta peça toma toda a sua importância quando contextualizada. Michael Ditullo, trabalhou durante uma década no departamento da Nike antes de trabalhar para a Kirei. Este artefacto serve como tributo a todos esses anos de trabalho em calçados icónicos da marca. Segundo Ditullo, as janelas laterais que nos deixam observar o conteúdo, servem o mesmo propósito que no calçado. Dar a possibilidade ao utilizador de perceber e valorizar a tecnologia associada ao produto.



Figura 25- Nike Space Hippiie 04, mais de 25% do peso é de plástico reciclado.

Observa-se que são utilizadas duas abordagens diferentes para o uso de resíduos de plástico, que embora tenham propósitos em comum, tem abordagens diferentes. O invólucro externo resulta da compressão de resíduos PET provenientes de garrafas de plástico para produzir placas porosas. O interior resulta da moagem de resíduos têxteis pos uso, provenientes de vestuário e calçado.

Extruplás

Tipologia: Produto, Serviço

Autor: Extruplás

Ano: Desde 2000

País: Portugal

Materiais: Plásticos mistos

Processos: Extrusão



Figura 27- Chuveiros exteriores Extruplás.

Esta caso de estudo não retrata especificamente um produto, mas sim uma empresa. A Extruplás propõe uma solução que serve de alternativa a ripas e perfis de madeira.

Por vezes referido como “madeira plástica”, desde infraestruturas como passadiços, pontes, decks ou cercas. Mobiliário urbano como caixotes do lixo, bebedouros ou bancos. Estes perfis castanhos estão em todo o lado, e este produto, representa, no contexto de projeto, a solução que melhor retrata e resolve o problema em mão.

Esta empresa, propõem não só estes perfis, como mobiliário urbano feito a partir dos mesmos (fig 27 e 28), mas também os perfis. Este perfil tem vantagens competitivas, resistem a corrosão, tem uma manutenção e limpeza extremamente fácil, resistente a humidade e agentes químicos, fungos e parasitas, tudo isto com custos de instalação baixos, entre outros.



Figura 28- Toldo Para Praias em perfis pretos.

Todas estas vantagens tornam este novo material um ótimo concorrente face produtos que utilizam matérias mais convencionais como a madeira ou aço.

Os resíduos de plástico recolhidos, após lavados e triturados, servem de base a extrudir estes perfis. Observa-se, no entanto, que o perfil produzido tem geralmente espessuras consideráveis. E dado a natureza do processo de extrusão, existe um alongamento dos plásticos da mistura, o que lhe confere uma estrutura que relembra as fibras da madeira. Isto podendo ser um fator que contribui á resistência do material.

Idealmente, este projeto resultaria numa solução que cumpre igualmente as necessidades do mercado no qual se insere, tirando o máximo de partido do material e processos utilizados (plásticos mistos e moldação por compressão).

DesignByThem

Tipologia: Coleções de produtos

País: Austrália

Autor: Gibson Karlo (Sarah Gibson e Nicholas Karlovasitis)

Materiais: Plástico / HDPE

Ano: 2018 / 2011

Processos: Rotomoldagem / outros

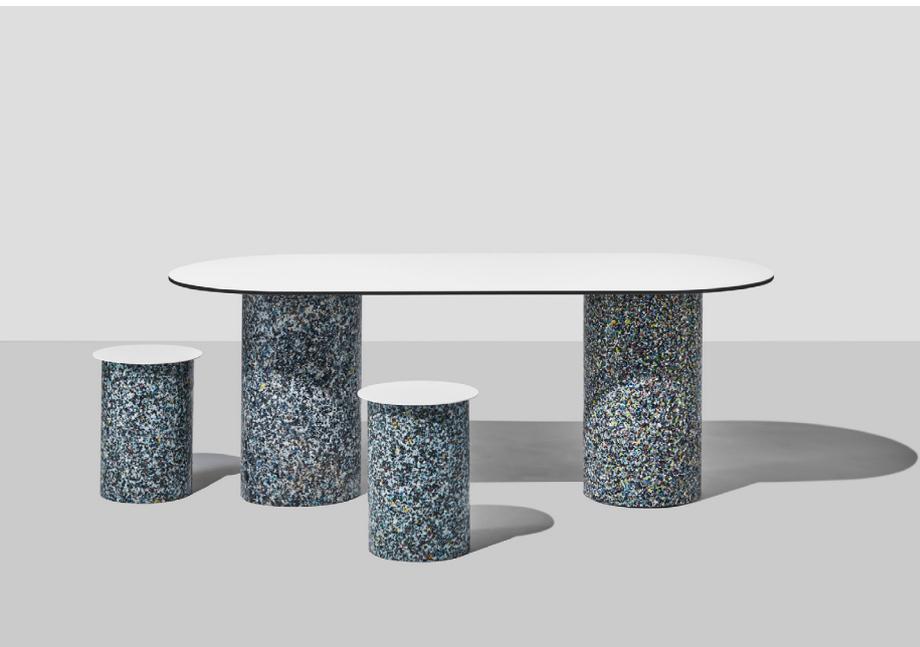


Figura 29- Bancos e mesa Confetti.

Gibson Karlo, fundadores da DesignByThem em 2007, tentam promover com a empresa, um desenvolvimento sustentável de produto em todos os seus estados. Este estúdio partilha com os seus designers uma ética responsável desde a escolha de materiais, manufatura e packaging.

Aspetos do uso e serviço pós-venda onde se garante objetos duráveis, fáceis de reparar, e de fácil desmantelamento para reciclagem.

Embora estas ideologias estejam presentes em todos os produtos do estúdio, destacam-se duas coleções em específico. A coleção Butter e a coleção Confetti, estas duas coleções são das poucas no repertório da marca que tira partido do uso de plásticos. Em ambos os casos, 100% do plástico é reciclado, mas a abordagem visual entre os dois é completamente diferente. Produzem produtos como bancos, cadeiras, mesas, suportes de guarda-chuvas, contentores ou mesmo vasos.

Confetti, como sugere o nome, é um conjunto de mobiliário que é muito colorido (fig 29), neste caso, o uso de plásticos reciclados é flagrante.

Como refere a dupla “Estes materiais são muitas vezes escondidos, mas nós achamos que eles devem ser celebrados não só por serem sustentáveis, mas porque podem ser bonitos e desencadeiam conversa ” (Sarah Gibson e Nick Karlovasitis). O caráter colorido das peças são sem dúvida marcante visualmente, estes elementos roto moldados, levam facilmente o utilizador a estabelecer uma relação com o objeto.

Butter, é um conjunto de mobiliário igualmente interessante, neste caso, o aspeto que mais intriga é a forma (fig30). Apenas sabendo que as peças são unicamente de plástico se questiona o porquê de uma morfologia geralmente obtida pela quinagem de chapa de aço. Esta escolha, surge em prol de agilizar o transporte destes objetos de forma plana, o que reduz consequentemente a sua pegada ambiental pela eficiência volumétrica.

Num dos exemplos, o produto tem um efeito de maior vertente e impacto social, enquanto o outro, é mais técnico e prático. O que representa perfeitamente a extensão de ideias á qual será importante tomar atenção neste projeto.



Figura 30- Cadeira de plástico, Butter chair.

Capítulo

3 Exploração do material

- 3.1 Metodologias de projeto
- 3.2 Caracterização da matéria prima
- 3.3 Processo experimental
 - 3.3.1 Identificação dos materiais
 - 3.3.2 Processamento experimental





Figura 31- Garrafas de plástico brancas por lavar.

Este capítulo enquadra a componente prática na qual se ganha melhor entendimento de como tirar partido de uma mistura de plásticos (amostra) agregado a um determinado processo de fabrico (moldação por compressão), perceber quais as limitações envolvidas e tentar enquadrar este material e processo no desenvolvimento de um novo produto.

3.1 Metodologias do projeto

Segundo Ashby (2005), é na primeira etapa do processo de seleção de materiais, a tradução, que são interpretados os requisitos do projeto em termos de função, restrições, objetivos e variáveis livres. São examinados os requisitos do design e identificadas as restrições que estes impõem à escolha do material, mediante o objetivo do projeto.

Este projeto, tem por base a premissa de uso incondicional de mistura de materiais e processo de moldação por compressão.

Deste modo, uma abordagem quase que reversa, no qual não se escolhe o material consoante as necessidades do produto, mas sim um produto e conseqüentemente as suas necessidades em função do material que temos disponível.

Os objetivos são de inicialmente perceber os principais tipos de materiais presentes na mistura através de testes ao material. Perceber as melhores formas e condições de processamento, a partir de referências anteriores e testes consecutivos.

Por fim, entender quais as limitações do material resultante comparada mente a plásticos convencionais através de testes mecânicos.

3.2 Caracterização da matéria-prima

O material de estudo utilizado neste projeto foi fornecido por uma empresa local que tem por missão a valorização de resíduos poliméricos. A empresa efetua a identificação, separação e moagem a fim de produzir matéria secundária para pós implementação na indústria.

A empresa trabalha principalmente com resíduos industriais que provém de empresas de transformação de plásticos. Boa parte dos plásticos em questão nunca chegam a ser propriamente utilizados, tal como peças com defeitos, gitos e descargas.

Na empresa, recorre-se geralmente ao teste de chama para a identificação dos polímeros que não estão previamente identificados. São de seguida despidos de outros componentes/peças de outra natureza, como ferragens ou outros plásticos.

São de seguida recortados, triturados e armazenados em big bags com destino á indústria como material reciclado. Que, geralmente é introduzido sob variadas percentagens com matéria-prima virgem consoante a finalidade, gama de preço etc.

Porém, o material obtido para este projeto corresponde ao conjunto de grânulos triturados, que infelizmente são desperdiçados no processo. A limpeza da máquina é responsável por boa parte dos desperdícios. Temos, no entanto, de contabilizar igualmente grânulos que projetados durante a moagem que são por sua vez varridos, o que arrasta possíveis contaminações para a mistura. A contaminação evidente surge a partir do momento que os materiais estão expostos a resíduos metálicos e orgânicos presentes no solo, mas igualmente pela junção dos resíduos de diferentes lotes e tipos de plásticos.



Figura 32- Peças com defeito, protótipos ou peças não vendidas para serem trituradas.



Figura 33- Diferença de tamanho de grão na amostra.

Verifica-se que o material se distribui de forma muito heterogénea pelo saco, dado que as deposições de material sequencial correspondem aos diferentes lotes de material. A este acontecimento acresce-se a irregularidade do tamanho e formas das partículas (muitas vezes dada a variedade de produtos processados), que neste caso variam por vezes de mais de uma dezena de milímetros a partículas de pó. O que resulta juntamente com as diferentes densidades dos materiais, á deposição de partículas de menor dimensão e maior densidade no fundo do saco, enquanto a superfície é dominada por fragmentos de maior dimensão.



Figura 34- Distribuição heterogénea de granulos.

Como referido, a empresa em questão trata diversos materiais sequencialmente. O que se traduz em resíduos diferentes em função de cada lote e produção. Deste modo, todos os processos agregados á valorização do material podem sofrer alterações consoante as diferentes produções. Percebe-se que esta variação de matéria-prima, não só se verifica visualmente, sobre cores, opacidades e acabamentos. Está igualmente presente nas características mecânicas, que se refletem não só no desempenho do próprio material como igualmente no seu processamento.

Este aspeto não só pode colocar em causa a fiabilidade de um possível produto ponto de vista mecânico como pode igualmente comprometer a viabilidade do mesmo. Percebe-se que o carácter mutável do material pode arrastar reajustes na sua produção, o que se traduz igualmente no aumento do seu custo.

Este projeto tem como objetivo a valorização deste material, que de momento, não tem lugar no mercado. Deste modo, o destino que lhe é geralmente atribuído será o aterro sanitário ou reaproveitamento energético (combustão com fim de produção energética).

3.3 Processo experimental

Neste tópico aborda-se o processo experimental do projeto, no qual ganha melhor entendimento do comportamento do material de estudo (mistura de materiais). Estes processos passam pela identificação dos principais plásticos presentes na mistura. Testes de processamento de modo a aferir as condições mais adequadas ao material. Ensaio mecânicos para perceber possíveis limitações comparada mente a matérias-primas virgens e recicladas.

3.3.1 Identificação dos Materiais

A identificação dos materiais neste projeto tem como objetivo ter uma percepção genérica da constituição do material utilizado. Acredita-se que os polímeros que constam em maior quantidade serviriam de base a delimitar possíveis temperaturas para o seu processamento. Como base, os materiais mais abundantes poderão também ser elementos comparativos mais interessantes.

A empresa disponibilizou dois sacos de desperdícios plásticos, neste contexto, apenas um é testado. Optou-se pelo saco com conjunto de materiais de maior variedade de polímeros. Esta decisão embora aparentemente insensata num ponto de vista de desenvolvimento, é importante para conhecer o obstáculo do projeto no pior dos cenários.

Dado o caráter mutável do material ao longo do tempo e da produção da empresa. Verifica-se que o material que está armazenado no saco estratifica por camadas alguns dos materiais. Este fenómeno resulta obviamente em variações das condições de uso do material, mas também dos resultados obtidos em possíveis testes.

A abordagem á identificação dos polímeros presentes na mistura baseou-se na tabela de identificação de plásticos presente no (anexo 1). Iniciou-se por expor os diferentes polímeros a um prego quente (aproximadamente 260°C), a fim de diferenciar termoendurecíveis e termoplásticos (caso o plástico comece a derreter ou amolecer,). Verificou-se de imediato que embora todos os materiais testados aparentassem ser termoplásticos, uns reagem mais rapidamente que outros quando expostos a alta temperatura. O que será por base um indicador que existem já diferentes materiais no conjunto.

Após o teste com o prego, a mistura foi colocada num copo de água e misturada de modo a remover qualquer tipo de bolhas de ar agregadas

aos grãos (o que poderia colocar em causa o resultado do teste). Verificou-se aqui que o conjunto de materiais se divide, os polímeros coloridos aparentam ter densidades menores que os brancos (alguns), pretos e cinza.



Figura 35- Separação de granulos

Optou-se então pela separação manual dos grânulos por cores dos principais plásticos presentes. Existiam, no entanto, dentro dos grupos de cores, óbvias diferenças entre alguns dos grânulos, que por sua vez eram testados. Este processo ajudou a separar não só os grânulos entre si, mas já a isolar alguns dos materiais.

Tentou-se riscar os materiais de menor densidade (materiais que flutuavam), para distingui-los em função da dureza. Dado que o teste do risco não foi muito conclusivo, testou-se, da mesma forma que os restantes materiais, pelo comportamento que tomam quando incinerados.

Alguns dos materiais, tal como o polietileno de alta densidade foi extremamente fácil de identificar, inicialmente pelo teste de densidade, e confirmado pela incineração, que liberta um odor muito idêntico ao da combustão de uma vela.

Sempre que existiam dúvidas relativamente á identificação dos materiais, foram utilizados materiais de comparação como referência, no caso do ABS e PVC, a empresa forneceu uma amostras de materiais secundários que serviu para comparar com os restantes plásticos. No caso do polipropileno, foram utilizados resíduos plásticos domésticos previamente identificados e limpos numa solução alcoólica.

Resultados

ABS, acrilonitrila butadieno estireno, é o polímero mais presente na mistura, quase todos os fragmentos negros e cinza, alguns brancos, vermelhos e verdes são ABS nesta mistura. O ABS distingue-se facilmente dos restantes, em primeiro lugar não flutua na água, o que o separa de imediato do PP e PE, não liberta pingos durante a combustão, e não se apaga. Mas os aspetos mais característicos dele são o intenso cheiro a borraça, fumo preto e a libertação de partículas pretas, semelhantes a cinza de papel durante a combustão. Para confirmar, opta-se por comparar amostras dadas pela empresa devidamente identificadas.

PP, o polipropileno é um polímero que está muito presente na mistura, apresenta diversos formatos e cores, nomeadamente preto, verde, branco, cinza e azul. Muito rapidamente se distingue dos restantes plásticos pelo simples facto de flutuar quando colocado na água. Posteriormente, separa-se do Polietileno de alta densidade não só por não se riscar com a unha como também por libertar um cheiro semelhante a óleo e motor automóvel durante a combustão.

HDPE, polietileno de alta densidade é dos plásticos mais presentes no nosso quotidiano, de embalagens alimentares, cosméticos ou mesmo utensílios. No entanto, embora presente, não é o plástico mais abundante na mistura. É o plástico que mais varia nas suas cores na mistura, de entre: verde, cinza, branco, vermelho, laranja, azul, preto e castanho. No entanto, é o mais fácil de identificar, para além de flutuar quando colocado na água, o fumo assim que queimado tem um cheiro muito distinto a cera de vela.

Nesta metodologia, a distinção entre o polietileno de baixa e alta densidade apoia-se sobre a dureza do material, a dificuldade de o riscar com a unha. A maior parte dos fragmentos parecem resistir relativamente bem a este tipo de teste.

PVC, cloreto de polivinilo, embora pouco presente na mistura, é um plástico muito facilmente identificável. Dado que a durante a visita á empresa, se efetuava a moagem de resíduos de PVC, provenientes de empresas de caixilharia. Rapidamente se deduziu que haveria alguns resíduos presentes de cor branca. Após teste com chama, percebeu-se rapidamente que, como suspeitado, os resíduos em forma de lasca (que aparentavam prover de painéis de portas), apresentavam uma chama ligeiramente verde.

PMMA, acrílico quase não está presente, apenas dois ou três fragmentos laranja, vermelhos e transparente o que indica que seja mais facilmente uma contaminação ocorrida ao recolher do chão. Trata-se de pequenos fragmentos, que rapidamente se associam a luzes de sinalização automóvel, pela cor, transparência e padrão. Estes resíduos queimam de forma muito acelerada, constata-se que o material começa a pingar e não se apaga sozinho. O fumo libertado tem um cheiro quase doce.

GFRP, plástico com reforço de fibra de vidro não é propriamente um material polimérico, é um material compósito com uma matriz polimérica, que neste caso é fibra de vidro. Este material tem uma textura muito suave e é extremamente rígido comparativamente aos outros. O que dificulta a sua identificação. Os fragmentos, neste caso, negros incineram menos facilmente que os outros, facilmente se apaga sozinho e após queimado deixa um depósito negro. Apenas por comparação com as amostras dadas pela empresa se confirmou qual o material. No entanto, este teste foi pouco conclusivo para aferir qual o polímero que constitui a matriz. O mais provável será o polipropileno ou o nylon, seja pelo cheiro do fumo ou pela chama se auto extinguir respetivamente.

De entre os plásticos separados, identifica-se os mais abundantes e rapidamente se percebeu que embora exista alguma variedade no conjunto, cerca de 85% a 90% da mistura se trata de ABS e PP.

	ABS	PP	HDPE	PVC	PMMA	GFRP
Preto	✓	✓	✓			✓
Cinza	✓	✓	✓			
Branco	✓	✓	✓	✓		
Translucido		✓			✓	
Verde	✓	✓	✓			
Castanho			✓			
Laranja			✓		✓	
Vermelho	✓		✓		✓	
Azul		✓	✓			

Figura 36- Tabela de resultados

3.3.2 Processamento de material

Com base nos resultados anteriores, percebeu-se que com a variedade de materiais presentes, seria interessante processar o material a diferentes temperaturas de modo a ponderar quais a mais adequadas. Os testes são conduzidos em moldes quadrangulares de aço (fig 37) . A ideia é depositar material nos moldes, aquecer os mesmos num forno e de seguida deixa-los arrefecer sob pressão numa prensa hidraulica manual.



Figura 37- Forno onde se aquecem os moldes.

Moldação por compressão a partir de da mistura de plásticos.

Esta experiência engloba um conjunto de testes realizados. De modo a conceber as condições mais favoráveis á utilização do material anteriormente categorizado através de moldação por compressão.

Estes testes são extremamente demorosos, ocorreram ao longo de desenvolvimento de produto. O que os torna uma ferramenta interessante á direção e percepção que o desenvolvimento toma em função dos obstáculos que surgem.



Figura 38- Molde carregado com plástico.



Figura 39- Prensa hidraulica manual.

Teste 1

O primeiro teste é extremamente rudimentar, toma como objetivo familiarizar-se com o material e as máquinas envolvidas. Neste caso um forno de indução (fig 38), uma prensa hidráulica manual (fig 36) e os moldes (fig 37). De modo a perceber quais os comportamentos do material a diferentes temperaturas, decidiu-se colocar pouco material no molde metálico, aquecê-lo no forno, sem fechar, de modo a observar quais materiais amolecem primeiro, e como reagem. A temperatura inicial foi de 120 graus centígrados para o qual se incrementou todos os 10 minutos a sua temperatura de 10 graus.



Figura 40- Placa resultante do teste 1 no molde.

Percebeu-se, que a massa do molde é extremamente importante, e que independentemente da temperatura interna do forno descrita, a temperatura do molde demora a estabelecer um equilíbrio. Apenas aos 160 graus se começou a obter alguma mudança por, parte dos materiais, nomeadamente o material verde (polipropileno). Fechou-se então o molde e continuou-se o processo até aos 195 graus. Ponto este onde se retirou o molde do forno e se fez a primeira compressão. Após arrefecer e desmoldar, obtém-se uma placa extremamente fina (fig 39), na qual não se verifica qualquer deterioração dos materiais. O que, com paratativamente aos seguintes testes, se explica provavelmente pela pequena quantidade de material presente na superfície do saco.

Teste 2

De seguida ao primeiro teste, percebeu-se que seria importante controlar a temperatura interna do molde, de modo a garantir que o material alcance as temperaturas desejadas.

Recorre-se a um termómetro com uma sonda, de modo a monitorizar a temperatura interna do molde durante o aquecimento. Como seria de esperar, a temperatura interna do molde demora imenso tempo a atingir as temperaturas desejadas. O processo é o mesmo que o teste prévio, altera-se, no entanto, a quantidade de material e a monitorização da temperatura.

Após atingir 200 graus centígrados deixa-se no forno alguns minutos (7 minutos), para garantir que todas as zonas atingem a temperatura desejada. Após prensar, a 50kg/cm² e esperar que arrefeça, a placa obtida é muito semelhante á primeira, mas bem mais espessa.



Figura 41- Placa resultante do teste 2.

Teste 3

Dado os resultados anteriores, pondera-se perceber como podemos aplicar os mesmos processos anteriormente referidos a um molde de menor dimensão, esperando deste modo proceder a testes mais rápidos. Neste teste utilizou-se um molde de aço. No qual se aplicou a mesma pressão que no teste anterior (50kg/cm²), no entanto, dado que a superfície é menor, percebeu-se, que se exerceu demasiada pressão. O que resultou numa placa cuja massa de material vazou fora do molde, restando apenas uma fina, frágil camada. Embora o molde de pequenas dimensões demora muito menos tempo a atingir as temperaturas desejadas, tem uma geometria pouco prática para desmoldar. É também pouco interessante para observar dispersão e mistura do material devido á pressão.



Figura 42- Placa resultante do teste 3.

Teste 4

À semelhança do segundo teste, utiliza-se os mesmos parâmetros, no entanto, o molde é carregado com mais material. Percebe-se que pelo novo transbordamento de material durante a compressão, que a pressão se tem que ajustar em função da dimensão do molde e à carga do mesmo. Este teste, que tem como objetivo obter placas de maiores espessuras, falha embora com uma espessura já melhor, não entra dentro do que se esperava.



Figura 43- Placa resultante do teste 4.

Teste 5

Neste teste, tem-se novamente como objetivo a obtenção de uma placa de espessura mais importante. Utiliza-se o molde pequeno, dado que tem uma maior profundidade. No qual quase se enche de material. Após atingir os 200 graus centígrados, aplica-se uma ligeira pressão até algum material começar a transbordar. O resultado é muito interessante pouco material sofreu deterioração. Mas como se pode observar na (fig 44), a pressão não foi suficiente para preencher toda a superfície.



Figura 44- Placa resultante do teste 5.

Teste 6

A mesma ideia do teste anterior foi guardada para este, neste caso no molde de maior dimensão, alterou-se a temperatura para 190 graus para perceber se há uma grande alteração.

Resulta numa placa de pouco mais de 4mm, não houve qualquer degradação de material. Começa-se a notar que perante a utilização de material, a dispersão não homogênea do material começa a ter um impacto significativo nos resultados. Dado que o primeiro teste tem menos variedade de plásticos envolvidos, os seus resultados são bem mais interessantes esteticamente, e muito provavelmente mecanicamente.



Figura 45- Placa resultante do teste 6.

Teste 7

As mesmas condições são replicadas que no teste anterior, apenas se aumenta a temperatura para 200 graus, para perceber se há alteração dos resultados. Infelizmente, o material aderiu bem mais que no teste precedente, acompanhada com alguma degradação de alguns plásticos. Embora nem todos os testes tenham aderido significativamente ao molde, outros dificilmente se separaram dele. O que leva a crer que existe uma necessidade imperativa de recorrer a agentes desmoldantes face á natureza mutável do material.



Figura 46- Placa resultante do teste 7.

Teste 8

Face á curiosidade, este teste serviu para perceber como reagia o conjunto de plásticos face a temperaturas mais altas. Entre duas folhas de alumínio, material foi colocado no molde, onde atingiu os 235 graus centigrados antes de ser arrefecido sob pressão. A folha de alumínio adere muito facilmente á mistura. Após horas de separar a placa de plástico das folhas de alumínio (fig 47), nota-se que contrariamente ao esperado, o resultado não tem falhas muito importantes. Alguns dos materiais sofreram deterioração tal ao ponto de carbonizar. No entanto, o todo parece ter maior coesão entre materiais que os resultados anteriores.



Figura 47- Placa resultante do teste 8.

Uso da mistura de plásticos como carga num material compósito de matriz elastomérica.

Neste teste, tem-se como objetivo de perceber qual o comportamento dos resíduos quando incorporados numa matriz de elastómero. Perceber se este método pode ser uma solução interessante para dar um novo uso a este material. Neste caso, poderia ser de interesse tirar partido das propriedades do material que serve de matriz. Nomeadamente a sua capacidade de sofrer grandes deformações elásticas quando submetidos a forças, voltando á sua forma inicial.



Figura 48- Experiencia 2, flexibilidade.

Neste caso foi utilizado (Cyclocac GPM5500S ABS), um elastómero com uma temperatura de fusão relativamente baixa comparativamente aos restantes materiais, o que o tornaria um candidato interessante para esta experiência. Testou-se uma proporção de cerca de 80% elastómero e 20% resíduos (80.3%-19.7%).

Colocou-se a mistura de plásticos e elastómero no molde, fechado, deixou-se atingir uma temperatura interna do molde de 100 graus celsius (controlado através de um termómetro e sonda). Permanece na prensa hidráulica durante uma dezena de minutos sob pressão. Neste momento, percebe-se logo uma das limitações do processo. Devido á natureza dos plásticos inseridos na mistura, que possuem uma temperatura de fusão bem mais alta que os 100 graus celsius, a compressão do preparado está limitada á dimensão e deposição destes granulados. Resulta numa compressão pouco regular ao longo da placa. Embora recorrer a maiores espessuras de placa fossem possivelmente resolver este problema. Estima-se que em função da diferença de densidades dos materiais, seria difícil obter uma distribuição homogénea dos resíduos plásticos.



Figura 49- Perca de fragmentos quando dobrado.

O resultado final não deixa de ser extremamente interessante num ponto de vista visual (fig 50), ao remover a placa do molde, rapidamente se percebeu que a adesão dos fragmentos á matriz era muito frágil, e que quando qualquer força era aplicada para contorcer a placa, os fragmentos encapsulados escapavam (fig 49).



Figura 51- Placa resultante da experiência 2.

Existem duas opções que poderiam ser interessantes de testar neste contexto. A primeira seria de encapsular a placa obtida em mais material virgem. De modo a selar o todo, o que em contrapartida, envolveria dois processos consecutivos, o que seria pouco interessante num contexto em que um único processo já é lento por base. A outra alternativa, seria de aumentar a temperatura de modo a perceber se haveria alguma adesão por parte dos resíduos. No entanto, o mais provável seria que o elastómero sofresse uma severa degradação.

No contexto de projeto, a ideia de introduzir polímeros virgens ao todo não será ideal, até porque o evitar do uso de novos recursos será mesmo um dos objetivos base. Mas o uso de parte de matéria-prima virgem, ou mesmo quem sabe simplesmente reciclada, mas devidamente processada. Pode ser, para recursos como este, uma das poucas alternativas ao aterro sanitário ou combustão.



Figura 50- Textura da placa da experiência 2.

Ensaio de tração

Neste teste, tem-se como objetivo perceber os limites mecânicos que a mistura de materiais compressa numa placa tem. Para isso, percebe-se que o elemento de comparação mais interessante neste contexto será um plástico virgem, que neste caso foi o ABS (visto que é o material que se encontrou em maior quantidade na mistura). A fim de complementar esta experiência, achou-se interessante de comparar igualmente ABS reciclado proveniente da empresa.

O objetivo principal, será de submeter os três materiais a um ensaio de tração, de modo a averiguar quais as diferenças e os seus limites. Deste modo prepara-se três placas com os respectivos materiais.



Figura 52- Três provetes a testar.

Percebe-se, que mesmo a tentar regular quantidades de materiais e o fecho regular do molde, é extremamente complicado controlar as espessuras das placas. O que frequentemente acontece, é que os espaçadores sofrem igualmente alterações com a temperatura e pressão (neste caso foram porcas de aperto). Este será um aspeto que afetará, com certeza a validade dos resultados obtidos.

Obtém-se três placas, a branca, correspondente ao ABS virgem, vermelha, correspondente ao ABS reciclado e a preta, que corresponde á mistura de plásticos.

A placa vermelha não teve qualquer problema, a placa mistura, aparenta estar dentro do esperado, já a branca parece ter bolhas de ar no interior, superfície irregular, o que coloca novamente em causa a validade dos resultados obtidos. O mais provável, será que as bolhas provenham da humidade que estaria presente no material. (tendo em conta que era matéria-prima já datada)

O objetivo inicial mantém-se, dado a variabilidade dos materiais encontrados nas placas de mistura, nunca se espera resultados muito precisos. Trata-se de uma experiência para perceber numa componente prática, as diferenças entre matérias-primas no sector.

Neste passo, tem-se como objetivo cortar provetes (modelo nos anexos 2), a partir das placas, o resultado mais fiável seria o corte assistido por uma CNC, para obter peças idênticas.

Optou-se, por simplicidade, cortar numa serra de fita e acabar numa lixadora de banda. Percebe-se igualmente quais os comportamentos dos materiais de antemão em processos de maquinagem.

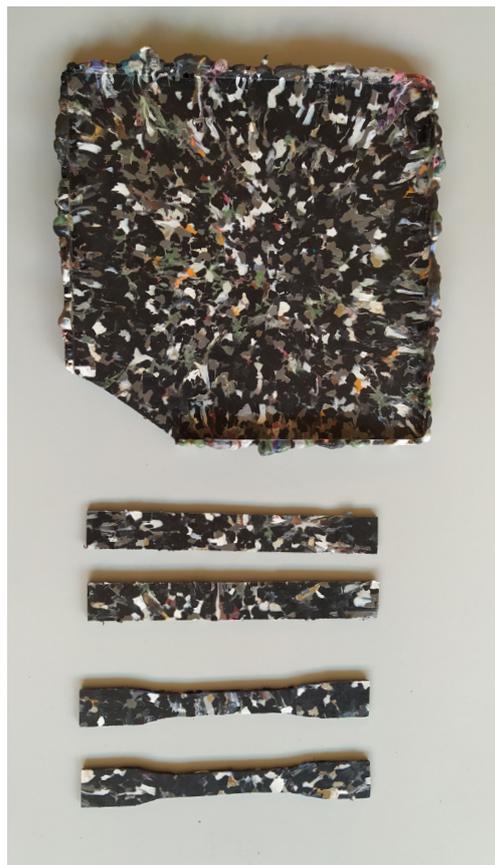


Figura 53- Corte de placas de teste para provetes.

A placa de mistura de plásticos é extremamente frágil no processo, as vibrações que sofre durante o corte numa estrutura tão pequena condena até a peça antes de a testar (um dos 3 provetes quebrou). Processos que envolvam muita fricção são penosos, requerem paciência, caso contrário o material aquece e em vez de eliminado, cria uma resma de depósito.

É igualmente importante referir que caso o desenvolvimento de produto envolvesse a subtração de material, a perda de material durante o corte é considerável. Os resíduos neste caso comportam dimensões extremamente pequenas, por vezes nem um milímetro. O que o torna menos interessante para reintroduzir no produto a desenvolver. Infelizmente, torna-o também mais volátil, que, se pouco controlado, pode ter fim nas nossas reservas hídricas ou vias respiratórias.

O ensaio de tração, comporta o alongamento de peças normalizadas até à sua rutura. Calcula a força aplicada e o alongamento que se sofreu.

Como esperado, os resultados obtidos não foram precisos, o ABS reciclado e a virgem (vermelho e o branco), obtiveram um desempenho semelhante. (fig 56) Esperava-se um menor rendimento por parte do reciclado (vermelho), mas deve-se provavelmente ao facto do material virgem apresentar bolhas. Que criam zonas com menor volume de material. Também se associa á irregularidade do corte dos provetes, que confere às peças um rendimento menos regular.



Figura 54- Provede a ser testado.



Figura 55- Provedes quebrados após o ensaio mecânico.

Percebe-se igualmente que nos três casos, as condições foram semelhantes. E que embora não tenha sido o caso, tanto o material reciclado como a mistura poderiam ter sido expostas a humidades elevadas. É então importante salientar, que perante a aleatoriedade dos materiais obtidos na mistura de plásticos, existe sempre a possibilidade deste fenómeno ocorrer caso a humidade não seja verificada.

A mistura de plásticos, embora esperado, continua a ser impressionante. Tem um desempenho extremamente pobre relativamente ao ABS. Percebe-se, no entanto que, dado que não existe grande mistura entre os diversos plásticos, as ruturas geralmente correspondem a zonas onde existe a interseção de materiais. Percebe-se que numa estrutura de pequenas dimensões, estas zonas de interseção podem corresponder a partes críticas da peça. No entanto, se a peça apresentar maiores dimensões, existirá sempre mais zonas de ligação mesmo que existam partes frágeis.

Os resultados obtidos (anexo 3) deixam uma forte impressão negativa sobre a viabilidade do material misto para o desenvolvimento de produto. Percebe-se que o trabalho se assenta sobre uma premissa frágil. Deixa no entanto lugar a questões, dado a natureza do processo de moldação por compressão, que gera pouca mistura de material. Seria interessante de submeter a mistura de materiais aos mesmos testes sobre um regime de moldação por injeção.

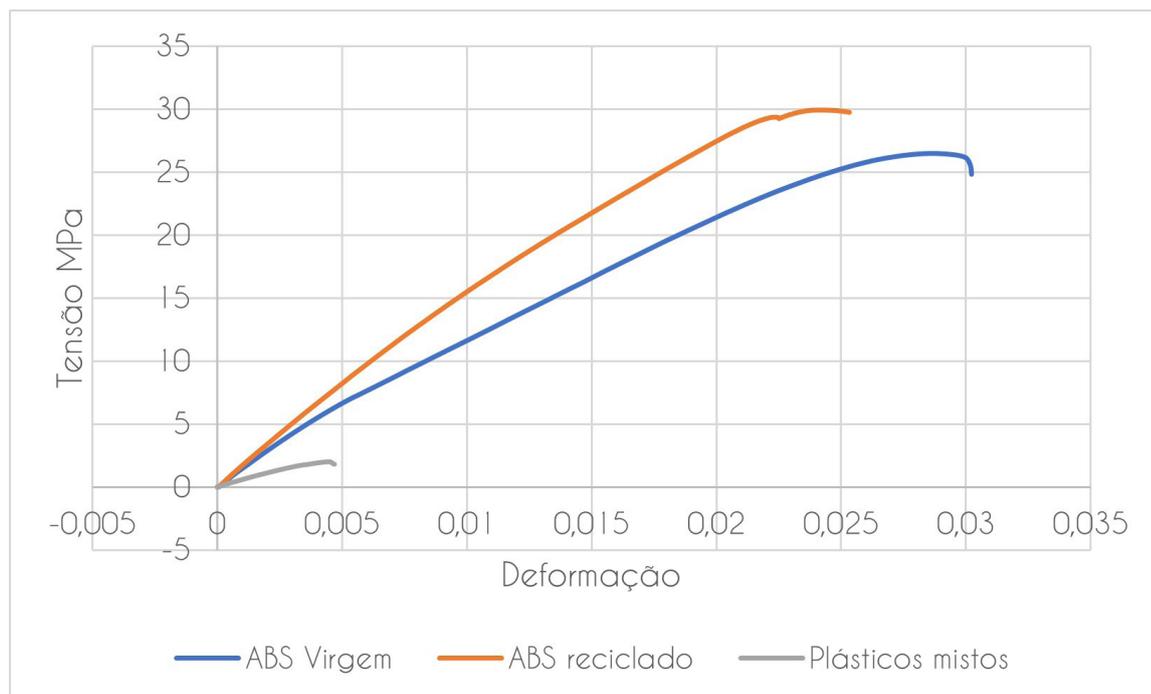


Figura 56- Diagrama de tensão-deformação comparativo entre os resultados médios dos três tipos de plástico.

Capitulo

4 Desenvolvimento de Produto

4.1 Exploração de ideias

4.2 Estudo do Mercado

4.3 Benchmarking

4.3.1 Comportamento do utilizador

4.4 Brief

4.5 Separador de escritórios

4.6 Conceito

4.7 Proposta

4.8 Maquetização

4.9 Separador de escritório final

4.10 Projeto detalhe

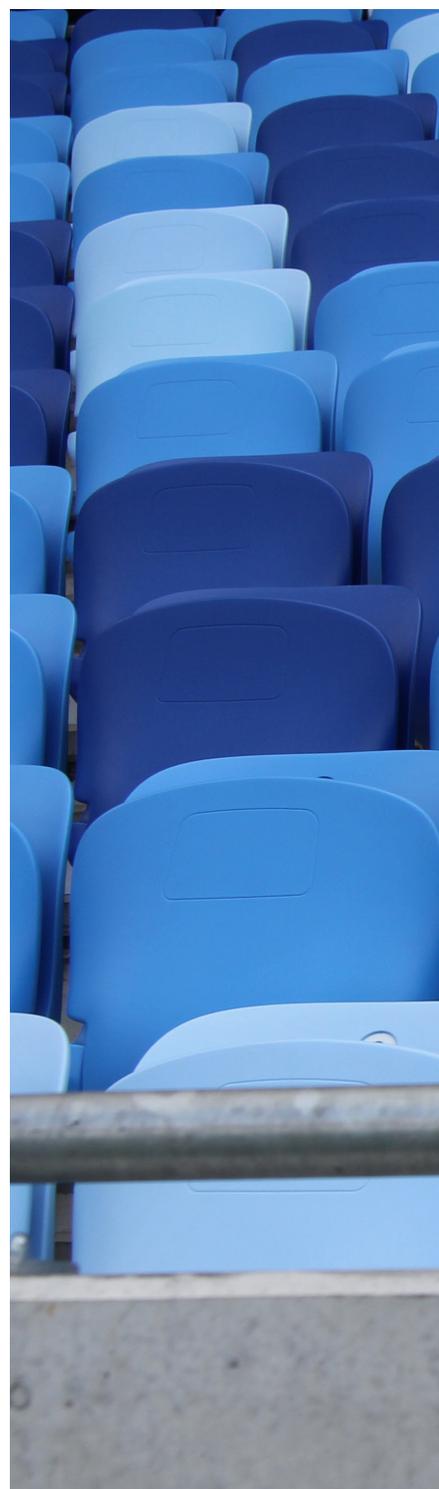




Figura 57- Bancos de plástico das bancadas de um estabelecimento desportivo.

Os contextos e objetos que acabaram por demonstrar maior interesse são objetos para os quais passamos muito tempo em contacto, e que durante o decorrer do dia, nos iremos lembrar em função do uso que é dado. Este fator, salienta elementos de mobiliário, aos quais damos uso diário. Iluminações pelo carácter ideológico de se iluminar por meio do material. Relógio, pelo simples facto que é um elemento que requer geralmente que se estabeleça contacto visual direto. O Galo de Barcelos entra pelo carácter pictórico e nacional que poderá ser interessante de explorar.

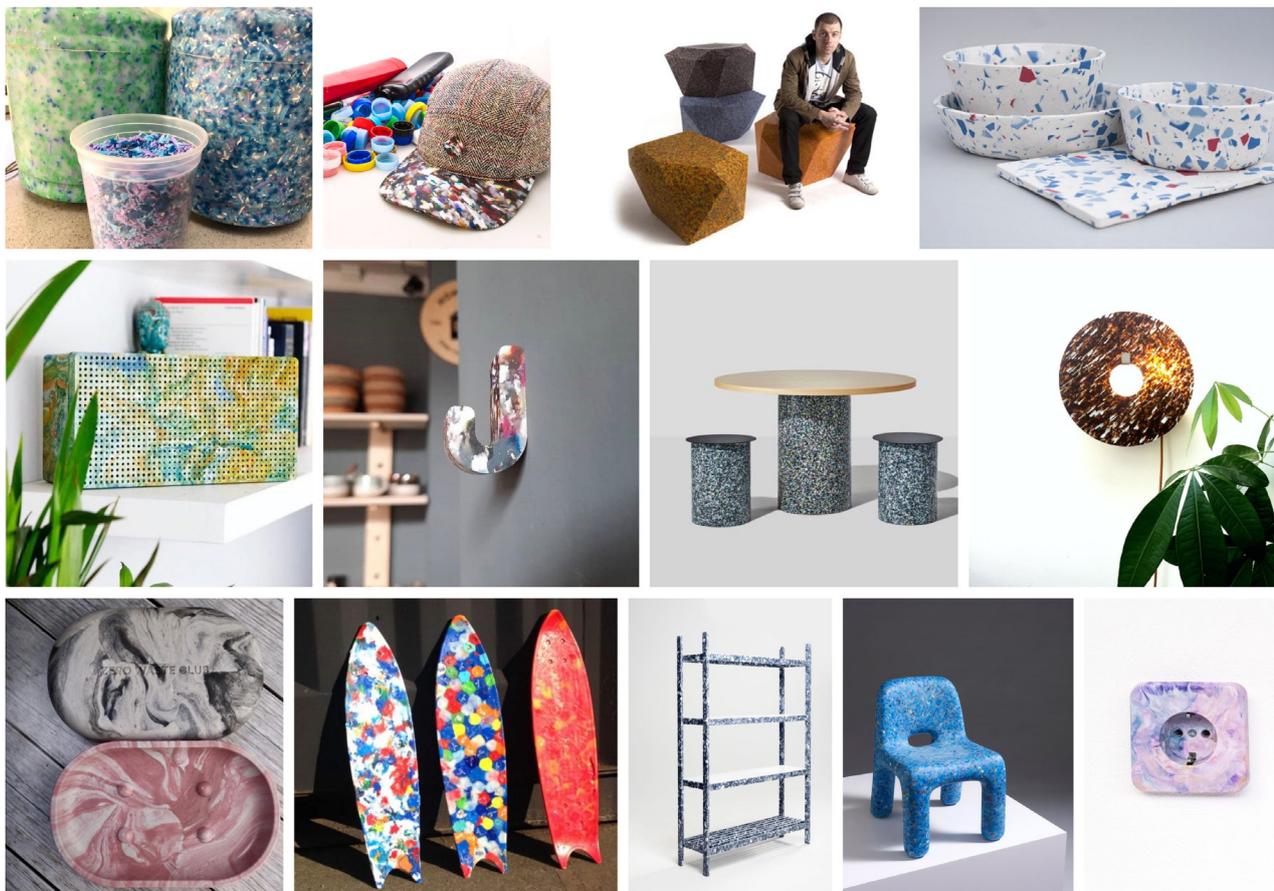


Figura 59- Moodboard de Produtos de plástico reciclado.

Neste trabalho, achou-se interessante a este ponto de se tentar visualizar que tipos de produtos e resultados se tem vindo a obter com plásticos reciclados. Deste modo rapidamente se agrupou dois conjuntos de imagens em moodboards, um que retrate o material em questão, e outro que represente visualmente que tipos de produtos desenvolvido com esses materiais (fig 59). Isto permite de verificar se algumas das premissas da nuvem de ideias foram já exploradas, e é também um conjunto de referências futuras muito interessante.

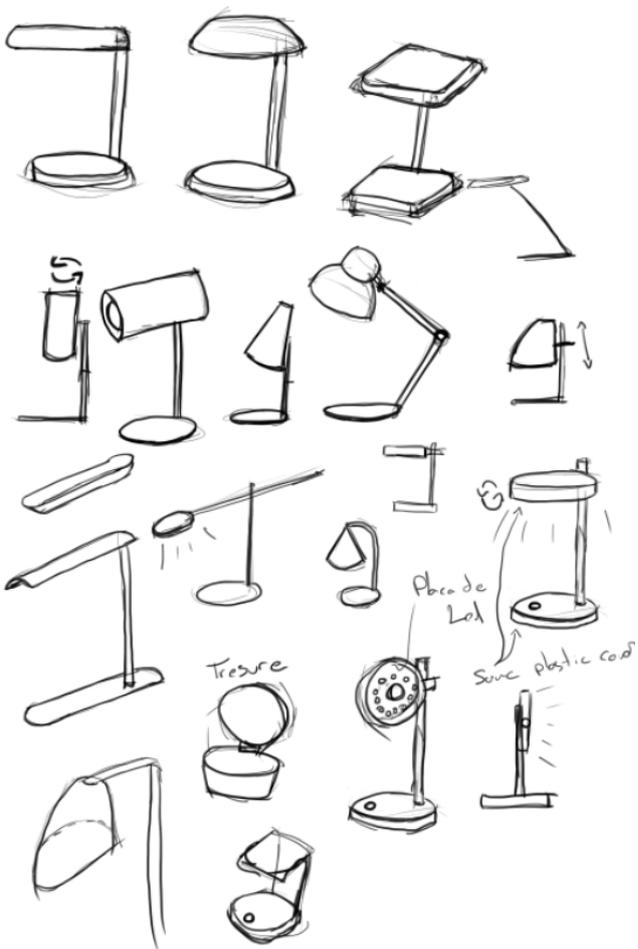


Figura 60- Exploração de iluminação de mesa.

O desenho, é nesta forma, a melhor ferramenta de exploração de ideias, conceber formas, contextos e produtos variados. Nos quais se tem em mente o uso do material pretendido. O objetivo, é, com a evolução e encadeamento de ideias. Em conjunto com os restantes elementos de estudo, como a análise do mercado e Benchmarking. Conceber uma ideia que sirva como ponto de partida.

Na (fig 60), observa-se o estudo da forma de uma iluminação de mesa. Quando se julga necessário, a modelação livre e descomprometida pode ser uma ferramenta interessante para visualizar os desenhos tridimensionalmente (fig 61).

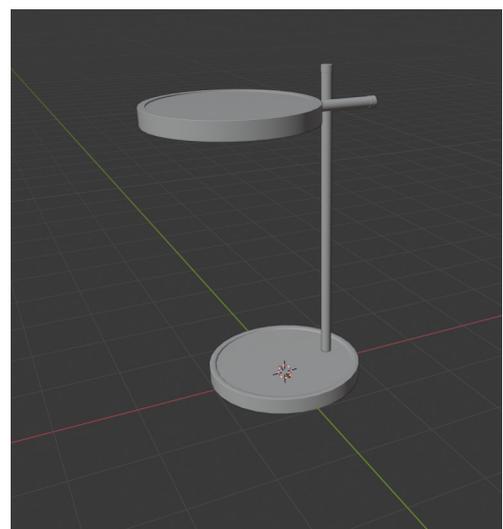


Figura 61- Visualização do desenho tridimensionalmente.

Nesta fase, o desenho toma uma vertente mais completa, na qual se tenta visualizar o material utilizado em produtos. Os objetos que foram desenhados tomam forma pela materialização de elementos de plástico reciclado em alguns elementos do produto.

Os elementos desenhados são geralmente tópicos que mais suscitaram interesse na nuvem de ideias. Identifica-se algumas ferragens, nomeadamente puxadores de portas e gavetas, um banco, ou um simples relógio. Isto é um exercício que permite ter uma perceção mais próxima do que se imagina desta tipologia de objeto com este material.

Muitos destes desenhos, não tem em consideração alguns dos aspetos não tinham ainda sido estudados na exploração do material. Como as espessuras (fig 64) que são difíceis de obter ou a fraca integridade estrutural em peças de maior exigência mecânica (fig 65).



Figura 62- Relógio de parede de plástico reciclado.



Figura 63- Puxadores de plástico reciclado.



Figura 64- Banco de três pés.

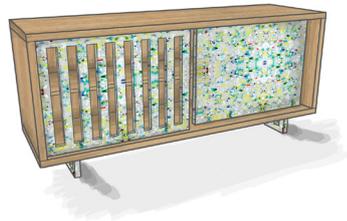


Figura 65- Sapateira com portas em plástico.



Figura 66- Cabides de parede.

Idealmente, apenas um objeto ou pequeno conjunto seria de interesse de desenvolver, e é aqui onde a exploração do material e estudo do mercado começam a afunilar as opções. Deste modo, percebe-se que uma forma interessante de explorar o problema seria pelo desenvolvimento de produtos destinados a escritórios. Dado que o local de trabalho reflete uma grande porção onde uma pessoa despende o seu tempo. Sendo o escritório, uma tipologia de local de trabalho muito presente os países ocidentais.



Figura 67- Cacifos e banco.

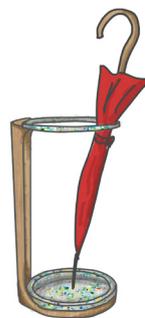


Figura 68- Bengaleiro.

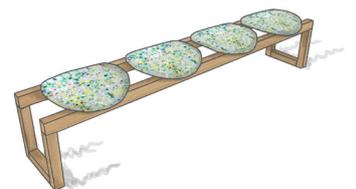


Figura 69- Banco.

Inicialmente, exploraram-se soluções associadas a lounges, zonas de arrumação e entradas dos locais de trabalho. Mas após um levantamento dos catálogos de empresas do setor. Verificou-se que seria interessante explorar ideias em torno das secretárias.

Verificou-se, através dos catálogos de empresas do ramo. Que muitas vezes a venda desta tipologia de artigos faz-se numa ótica modular. Na qual as secretárias, os separadores e elementos de arrumação partilham relações simbióticas.

E a referência torna-se especialmente interessante nesta altura, em que através de esboços ou mesmo desenhos se começa a explorar possibilidades e ideias de objetos que não estavam presentes na núvem (separadores).

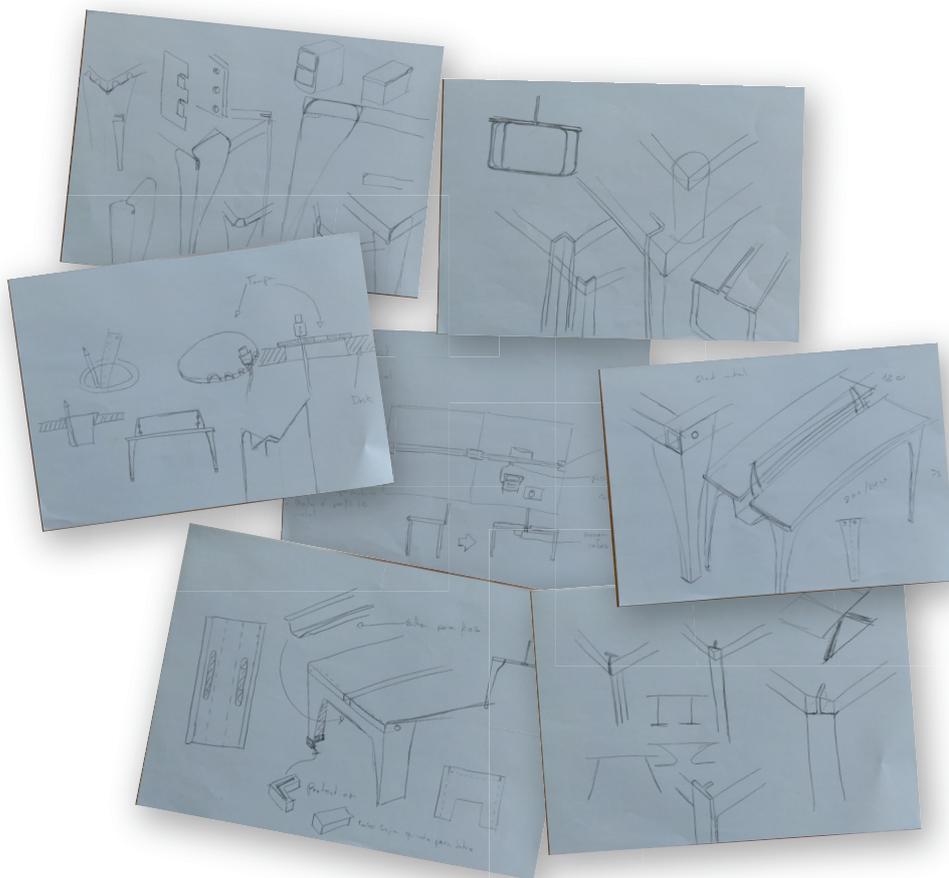


Figura 70- Esboços de soluções de secretárias e elementos.

Ao longo dos processos laboratoriais, foram-se percebendo algumas das limitações do material, o que comprometia muitas vezes algumas das ideias. Deste modo, os esboços e desenhos canalizam gradualmente para elementos de natureza menos estrutural, envolvidos diretamente com a secretária, como por exemplo separadores de secretária, organizadores de fios (fig 70). Objetos ou elementos que não tenham que suportar cargas como a de um humano.

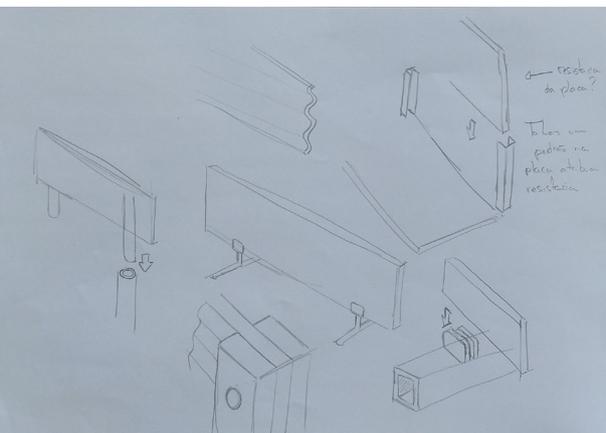


Figura 71- Esquços de de sistemas de montagem de separadores.



Figura 72- Primeiro separadore pensado de peça única.

Há medida que os esquiços evoluíram para a exploração de separadores de secretária. Percebeu-se rapidamente que desenvolver um separador que envolva uma peça única, seria constringente seja para a produção como para o ciclo de vida, dado que em caso de quebra, teria que se substituir o todo.

Surge desta forma a necessidade de repartir os separadores em módulos.

Isto permite não só agilizar concretizar o objeto numa ótima mais sustentável durante o seu uso. Mas permite também facilmente democratizar as peças para além da secretária. Possibilitando ter uma abordagem mais “à medida”, do que se entende pela separação por zonas no local de trabalho.

Esta ideia, mediante as condições que o material e processo de fabrico permite parece ser digna de maior exploração.

Deste modo, o separador de escritório, torna-se o alvo de estudo do desenvolvimento de produto deste documento.

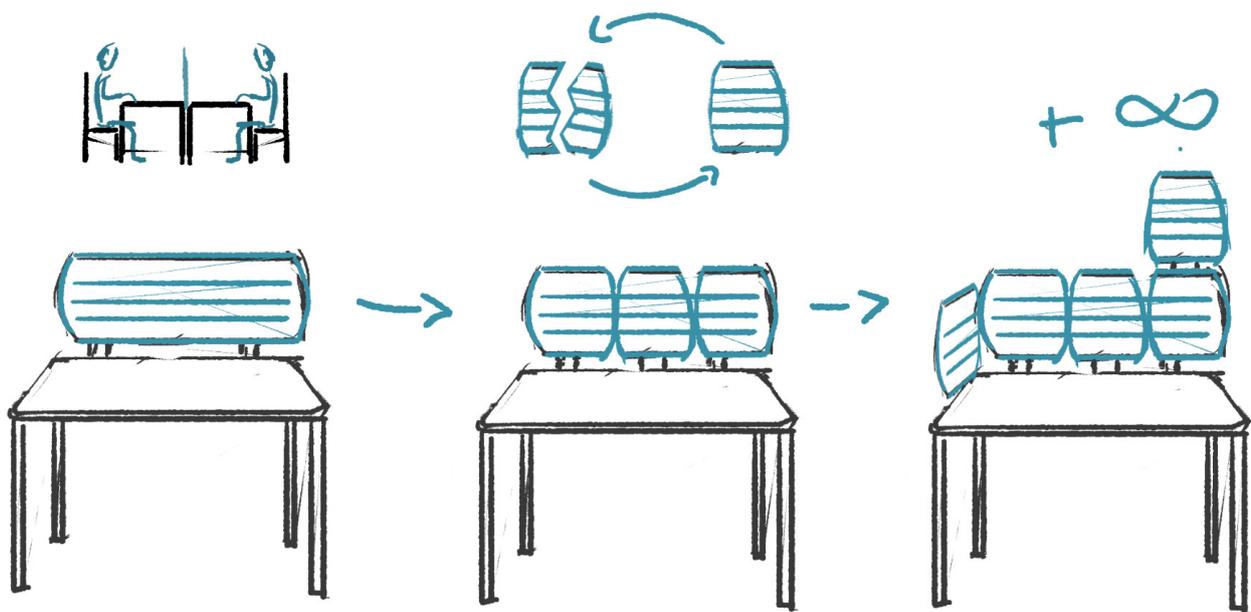


Figura 73- Transição entre peça única e módulos.

4.2 Estudo do Mercado

Esta etapa é extremamente importante para perceber onde será pertinente introduzir esta tipologia de produto no mercado. Isto é, um produto produzido a partir de processos de reciclagem. Que tenta mediante da sua produção e uso, conservar e transmitir todo o processo, e importância de um consumo ecologicamente responsável. Percebe-se igualmente que dado a natureza do processo de fabrico associado, neste caso a moldação por compressão. O requerimento de mão de obra e longos tempos de produção, refletem-se num produto cujo preço final será mais elevado. Mediante este aspeto, parece, relevante reduzir os intermediários entre a produção e uso do produto. Uma solução para esse efeito seria trabalhar de forma paralela com empresas que comparam utilizadores.

Esta proximidade, poderia até mesmo ser complementada pela afiliação da recolha da matéria-prima (plástico reciclado), pelos utilizadores. O que permite estabelecer maior proximidade do utilizador ao produto. Mas também consegue transmitir a escala do problema associado ao volume de plástico agregado ao consumo próprio.

Percebe-se rapidamente que a Europa será a zona de interesse importante, por diversos aspetos.

Os países no mundo cuja preocupação ambiental toma maior importância é um indicador de onde existe mais interesse em contribuir para um consumo ecologicamente responsável. EPI (Index de desempenho ambiental) tem como objetivo servir de métrica para avaliar quais os países que adotam melhores comportamentos relativamente a saúde ambiental, sustentabilidade, seja de recursos hídricos, qualidade do ar ou o mais importante neste contexto, gestão de resíduos. Percebe-se rapidamente, pelos resultados de 2020 de EPI, que os países que lideram são exclusivamente europeus. (EPI, 2020) O mesmo se constata no CCPI (climate change performance index) de 2022, dos primeiros 15 países na tabela, 12 são europeus.

No último relatório de EPI (Environmental Performance Index) de 2020, existe também uma relação entre os países com melhor desempenho e o seu GDP per capita. O que neste caso, indica que nestes países, não só existe maior preocupação ambiental, mas indica também que existe potencial económico para nele investir.

Curiosamente, segundo a Eurostat (Eurostat, 2021), em 2017, cerca de 39% dos trabalhadores europeus exercem sentados. E a mesma tendência se demarca neste contexto, os países que anteriormente identifica-

mos com alto GDP e bons comportamentos ambientais também tem as maiores taxas de trabalhadores que exercem sentados, chegando aos 54% na Holanda, 52% no Luxemburgo. E isto são dados interessantes na medida em que, embora existam muitos trabalhos onde se exerça sentado, os mais recorrentes associam-se facilmente a um escritório.

Existem obviamente, outros países fora da Europa que correspondem a estes critérios, como por exemplo o Japão, o Canadá ou a Nova Zelândia. Portanto, partindo da ideia de que o produto poderia ser produzido na Europa. Que um dos aspetos fundamentais para a imagem e venda do produto é o consumo ecologicamente responsável. A exportação numa escala global é pouco interessante.

Perceber se o mercado oferece soluções semelhantes ao que se pretende desenvolver é extremamente importante. Percebe-se que, como esperado, já existem soluções de divisores de escritório modulares. Existem também soluções que fazem uso de materiais reciclados. No entanto, dificilmente se encontram soluções que correspondem aos dois critérios em simultâneo.

Também é importante de perceber quais produtos tem sido desenvolvido através de plásticos reciclados. Contemplar de que modo tiram partido das matérias-primas e de que forma as introduzem no mercado como novos produtos. Alguns destes produtos servem até mesmo de objetos de estudo ao longo projeto.

4.3 Benchmarking

Benchmarking é uma ferramenta muito recorrente no desenvolvimento de produto. Por comparação entre produtos idênticos, identifica-se o que o mercado concorrente tem a oferecer, mas também se estabelecem quais os aspetos são de maior interesse para um novo produto. Analisa-se também as fragilidades que um produto possa ter, sempre com o objetivo de modernizar e melhorar o desempenho do produto (Relvas, 2017).

A tabela de Benchmark está disponível no anexo 4.

É importante neste passo, recolher exemplos no benchmarking que reflitam as qualidades que se pretendem desenvolver no produto final. Sejam eles económicos, ambientais, e claro, funcionais (Crul, Diehl, 2006). No âmbito deste projeto, para além das questões funcionais que se agregam à tipologia de produto. Tem-se em conta aspetos como o preço final dos produtos e abordagens ecológicas que tem em consideração no design de produto.



Figura 74- Ease, separador suspenso e de mesa.

Neste tópico, salientam-se também alguns exemplos de separadores que oferecem soluções interessantes num ponto de vista de modularidade ou preocupação ecológica.

O primeiro exemplo é a coleção "Ease" da Edsbyn, Andreas Engesvik and Jens Fager propõem uma gama de produtos feitos a partir de painéis de feltro prensado. Este feltro é produzido a partir de resíduos de PET, provenientes de garrafas de plástico, o que oferece uma solução ideal não só para separar espaços visualmente como acusticamente.

Link, é na sua vez um produto interessante pela forma como articula a modularidade. É um conjunto de peças de polipropileno expandido que se encaixam entre elas de modo a formar paredes, cubículos que delimitam espaços sem obstruir por completo a visibilidade. Para além da geometria das peças, um aspeto muito interessante deste produto é o material. Sendo o mesmo expandido, oferece melhores condições a isolar espaços acusticamente, sendo mesmo assim extremamente leve e utilizando pouco material.



Figura 75- Peça modular, LINK.

A modularidade é também o aspeto mais interessante de Everblock, “inspirado”, pelo famoso grupo dinamarquês no setor dos brinquedos: Lego. Everblock propõe uma versão max dos conhecidos blocos, que por sua vez permitem contruir cubículos, paredes ou mesmo estruturas. Embora questionável a semelhança do nosso brinquedo favorito, é indiscutível a projeção lúdica, quase um retorno á infância que este produto pretende transmitir.

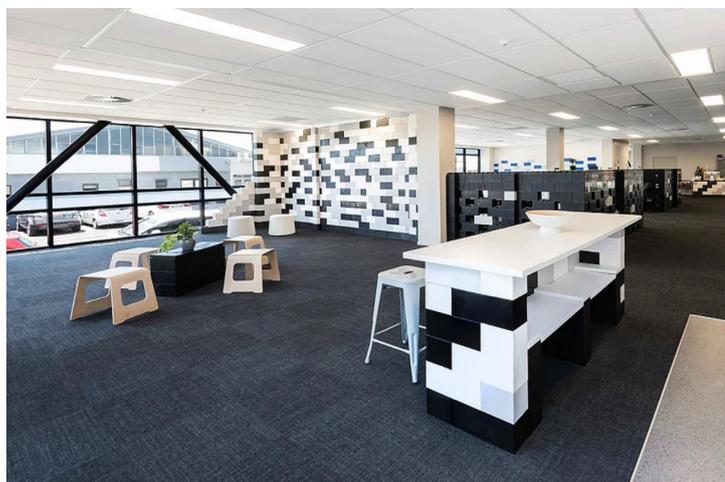


Figura 76- Blocos de construção Everblock.

4.3.1 Comportamento do utilizador

Percebe-se muito rapidamente que o separador nos escritórios tem como objetivo oferecer um espaço mais propício ao trabalho. No entanto, as preferências associadas ao que se designa como espaço de trabalho idílico não é unânime. Percebe-se facilmente que existe uma divisão entre as preferências das condições de trabalho. Um bom exemplo disso será mesmo contrapor trabalhadores que recorrem a escritórios open space, onde procuram um ambiente movimentado e motivante. Com outros trabalhadores que se possível, recorrem a trabalho remoto a partir de casa, onde procuram um ambiente calmo, confortável, livre de distrações externas.



Figura 77- ECHONOTE® By ECHOJAZZ, uso de rodas para movimentar e aproveitamento da verticalidade para função.

Deste modo, o separador de escritório vem servir como ferramenta a controlar alguns dos aspetos que possam vir a ser nocivos a um espaço favorável ao trabalho. Estas condições traduzem-se por aspetos. Como regular a incidência de luz natural no posto de trabalho, minimizar a propagação do ruído entre postos e mesmo isolar o utilizador do que o rodeia.

Verifica-se que os separadores que designamos anteriormente como “de secretária” ou “de pé” apresentam diferentes propósitos. Enquanto o primeiro se foca em criar pequenos cubículos de trabalho onde se separam principalmente interações intersociais. O segundo tem um uso agregado à logística do espaço. Observa-se que enquanto um tem um carácter definitivo e está muitas vezes agregado ao conjunto de secretarias. O separador de pé raramente está fixo ao espaço, muitas das vezes sendo até valorizada a facilidade de os mover através de rodas.

Por observação direta, percebe-se que estas estruturas verticais são uma separação que também se torna facilmente numa nova plataforma de trabalho e organização ao utilizador. Alguns dos elementos da secretária como apontamentos e material de escrita tomam lugar nestas novas paredes.

De acordo com a observação dos aspetos avaliados de produtos concorrentes, existem alguns requisitos que são essenciais para esta tipologia de produto. Acrescem-se a esses requisitos algumas das condições predispostas do projeto. E ainda algumas features que mesmo não sendo essenciais, são aspetos que valorizam e destacam o produto relativamente á concorrência.



Figura 78- Uso vertical do espaço, Belong work tools, Haworth.

Requisitos pré estabelecidos:

- Moldação por compressão
- Valorização do material
- Uso de materiais em fim de fida
- Ecologicamente responsável

Features:

- Separação acústica
- Ajuste de luminosidade
- Lúdico

Requisitos obtidos:

- Separação visual
- Modular
- Ergonómico
- Versátil

4.4 Brief para novos produtos

Neste tópico sintetiza-se quais os objetivos associados ao desenvolvimento do produto.

Descrição de produto

Conjunto de artigos interligáveis, desenvolvido no âmbito de serem uma nova ferramenta de separação de espaços completamente modular. Perfeito para rapidamente ocultar zonas, criar jogos de luz e personalizar um espaço de uma forma lúdica.

Objetivo estratégico

Conduzir através do produto, a escala do problema associado ao ciclo de vida do material. Transmitir ao cliente, todo o percurso da matéria-prima ao produto final. Guardar autenticidade da matéria-prima no produto.

Possivelmente, agregar o processo de recolha da matéria-prima ao utilizador, sob forma de campanha, na recolha de resíduos plásticos. Onde o plástico recolhido é lavado, moído, e processado afim de obter o produto final.

Mercado Alvo

Destina-se a empresas, escritórios, espaços partilhados nos quais se valoriza a modularidade, criatividade e pegada ecológica.

Restrições

Produzido mediante moldação por compressão

Mutabilidade da matéria-prima

Packaging e transporte eficiente

Beneficiários

Empresa dedicada á produção do Produto

Consumidor final

Empresas nas quais se fazem a recolha de material

4.5 Separadores de Escritório

A moldação por compressão acaba por ser até uma solução extremamente interessante para o desenvolvimento de separadores de escritório. Como podemos perceber (fig 79), esta tipologia de objetos consiste muitas vezes em elementos estruturais geralmente de madeira ou metal, que suportam painéis. Este processo de fabrico, como previsto pela pesquisa, e verificado ao longo dos testes, tem resultados muito interessantes sobre forma de painéis.

Percebe-se rapidamente que esta tipologia de objeto, muitas vezes toma grande parte do espaço visual num escritório. O que é um aspecto interessante não só pela quantidade de resíduos utilizados, como pela prospeção de matéria-prima que se evita. A presença constante que o artefacto tem no dia-a-dia para o trabalhador de escritório também pode ser uma forma mais envolvente á problemática que representa.

Através da pesquisa, rapidamente se percebe que esta tipologia de produto se enquadra em contextos diferentes á de um escritório. Desde lóbis, zonas de restauração ou até mesmo nas nossas casas. São uma forma rápida, barata e não permanente de delimitar os espaços.



Figura 79- Hinoki: “separadores que separam sem separar”.

Para além de ter lugar em espaços com diferentes propósitos e ambientes. Percebemos rapidamente que este, toma diferentes formas em função das condições do espaço e do seu uso. Pode-se até dividir por categorias, as tipologias mais recorrentes de separadores que se observam no mercado sendo os mais recorrentes, os de pé e os de secretária. (fig 80)

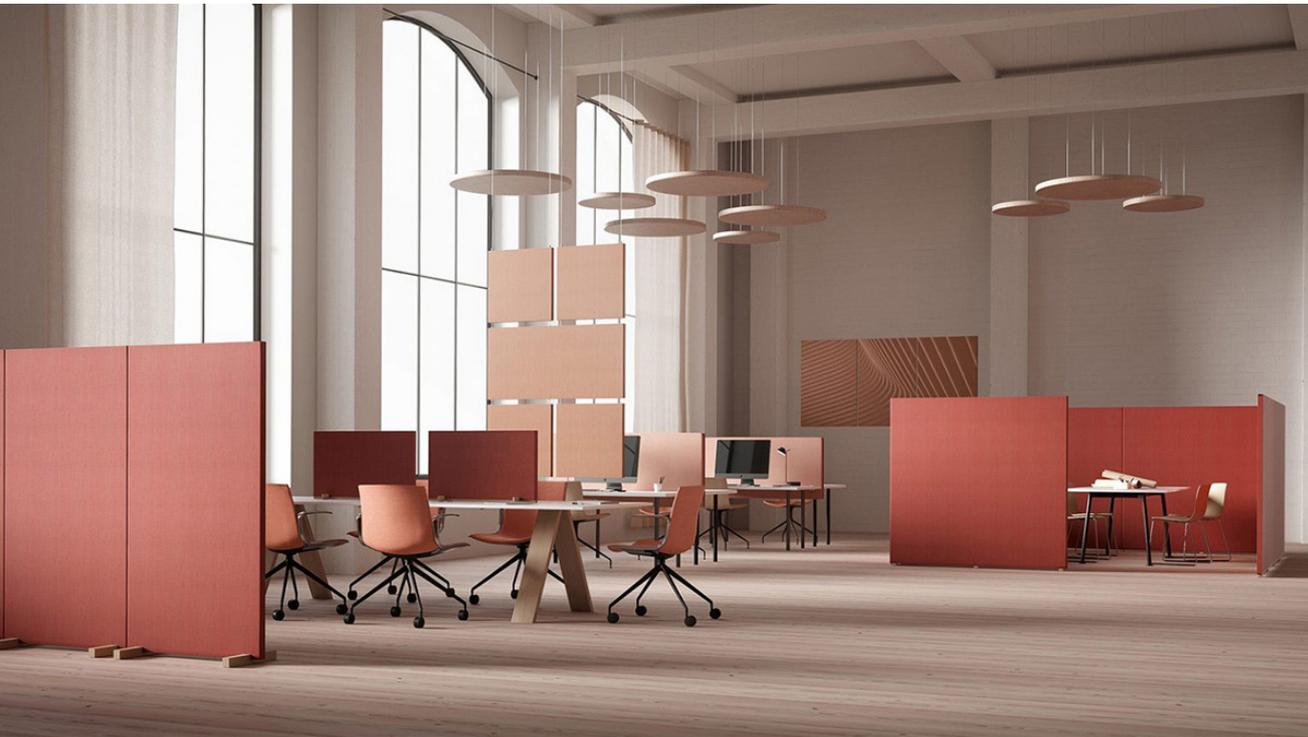


Figura 80- Coleção Dezibel Zilenzio, Note design studio tem os três tipos de separadores.

Os separadores, por base tem como propósito serem uma solução simples e não permanente a ocultar, separar zonas e pessoas. De modo a promover ambientes que proporcionam mais privacidade, e aconchego. No intuito de desenvolver locais mais apropriados para um trabalho eficiente, ou mesmo por vezes um repouso bem merecido. Esta isolação passa principalmente por questões visuais, de modo a ocultar distrações do ambiente, e por vezes também acusticamente.

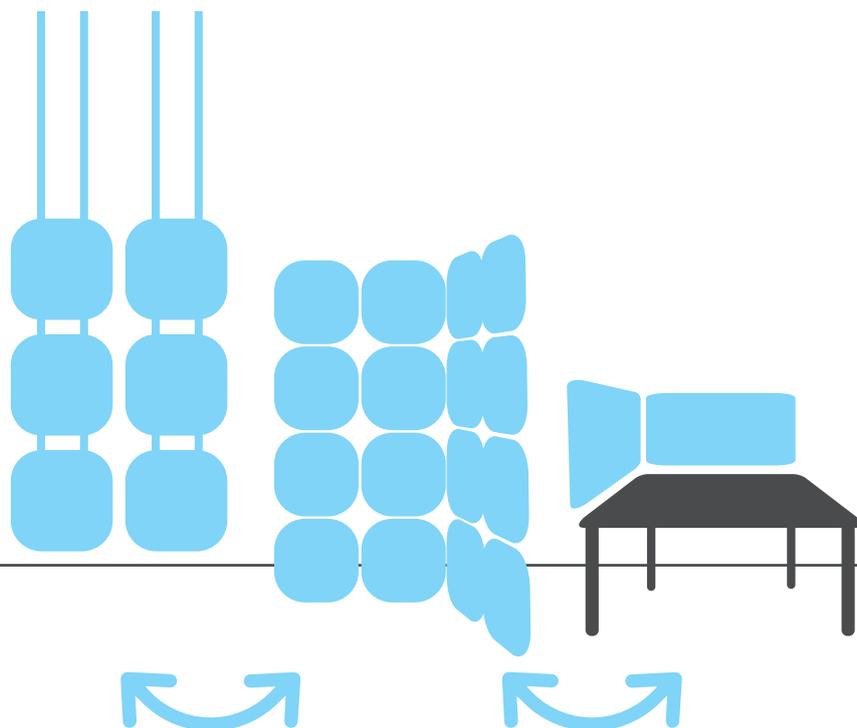
Recentemente, observa-se que esta tipo de mobiliário, por efeito da pandemia de Covid 19, tomou outro propósito. De separar as pessoas não propriamente por questões de privacidade, mas quase unicamente por motivos de higiene e saúde.

4.6 Conceito

Durante o processo de estudo de mercado, inicia-se o desenho e desenvolvimento incondicional, onde se restringiram hipóteses até chegar aos separadores de escritório modular. Com o benchmarking, percebe-se que as opções de customização e configuração são limitadas em muitos produtos da concorrência. Percebe-se também que existe a possibilidade de desenvolver um produto que seja completamente modular, facilmente reconfigurável. Que, sirva a conceber separadores para secretárias ou para espaços.

O conceito gira em torno de oferecer um meio de ajustar facilmente o local de trabalho em função das preferências do utilizador. A partir de um sistema onde se constrói ou modifica o separador pelo acréscimo ou subtração de peças de pequenas dimensões.

A ideia é obter um produto que facilmente se adapta de uma ótica de secretária, para um modelo de pé designado para o espaço. Um objeto, que toma um lugar significativo no dia a dia dos utilizadores. E que, com o carácter único de cada peça, incite o usuário a adotar um comportamento proativo á mudança do local de trabalho.



Separadores suspensos

Separadores de piso

Separadores de secretária

4.7 Propostas

Tendo em conta a modalidade na qual se quer enquadrar o produto, os desenhos tomaram dois rumos diferentes. O desenho de módulos, com formatos, configurações e sistemas de encaixe entre peças diferentes. E o desenho de estruturas e circunstâncias, para contextualizar e conceber uma forma de enquadrar os módulos no espaço.

As estruturas podem ser uma ferramenta de modularidade na qual se pode configurar em função da necessidade. Além disso, o desenho estrutural nem sempre assume os módulos como predefinidos. O que possibilita que se adotem mais que uma solução de estruturas mesmo com um só tipo de módulo.

O módulo tem como papel preencher o espaço e agruparem-se entre si, seja de forma independente, ou com auxílio de outros elementos. Isto permite não só facilmente reconfigurar o espaço em função das necessidades, como torna o todo fácil de dismantelar, reparar e separar no fim de vida. A simplificação do tipo de encaixe e aperto é crucial para obter um resultado no qual se possa reiterar facilmente. Seja pela entidade promotora, ou mesmo o utilizador através de elementos que ofereçam novas funcionalidades.

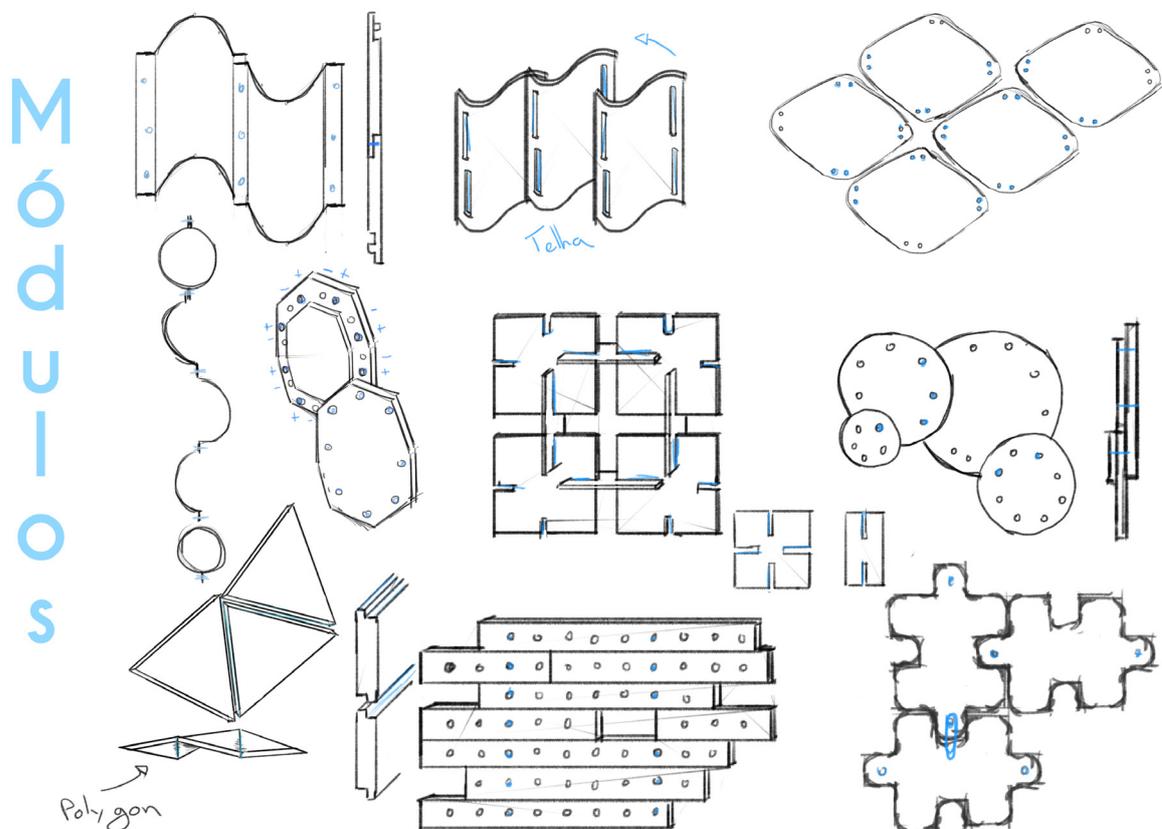


Figura 82- Desenhos de módulos para separador.

Na (fig 82), estão agrupados alguns dos desenhos que melhor representam a procura de soluções, para um módulo do separador. O explorar de diferentes geometrias, e sistemas agrupamento de forma individual. Permite que se tenha maior liberdade de elaborar solução independentes de uma estrutura base onde acenta.

Na (fig83), reúne-se um conjunto de solução estruturais para suportar os módulos. O que por sua vez permite visualizar e avaliar quais peças anteriormente mostradas se podem agregar aos contextos.

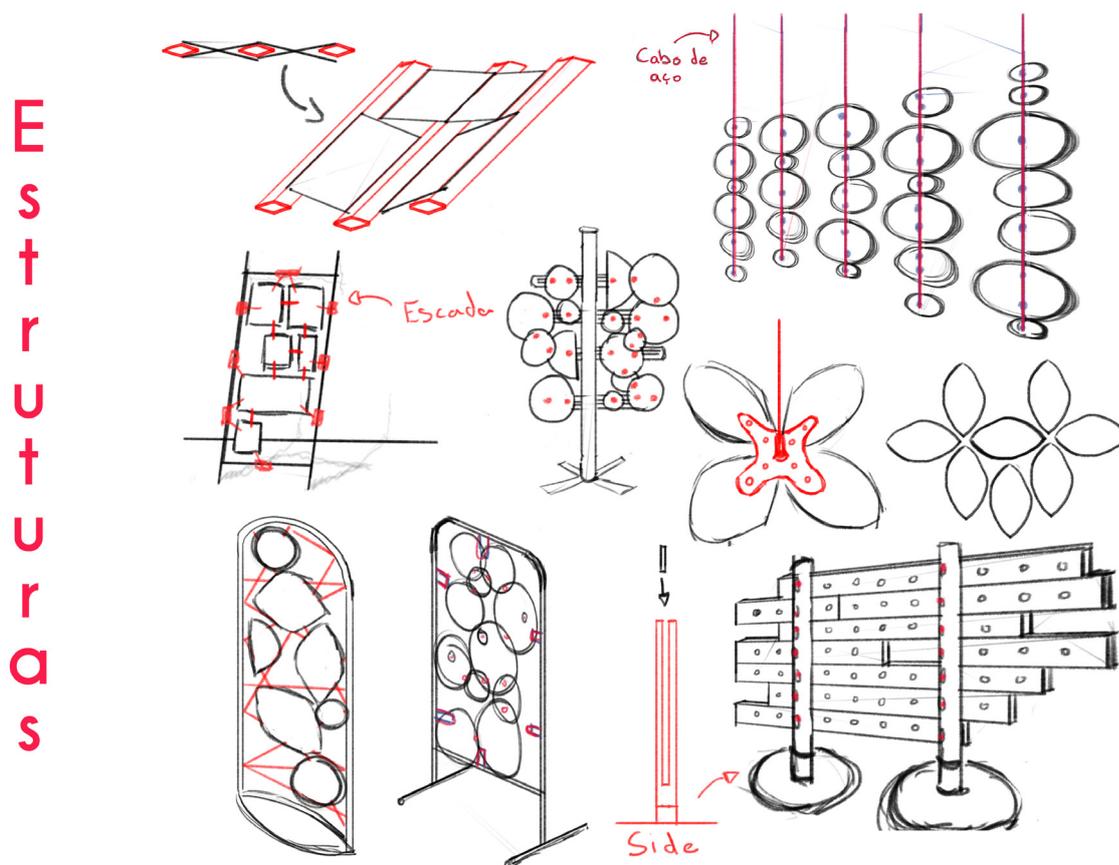


Figura 83- Desenhos de estruturas nas quais se agregam os módulos para separador.

Os desenhos que acabaram por ser escolhidos assentam sobre a simplicidade na forma e no meio como se interligam. Placas circulares perfuradas, que servem o propósito de as fixar.

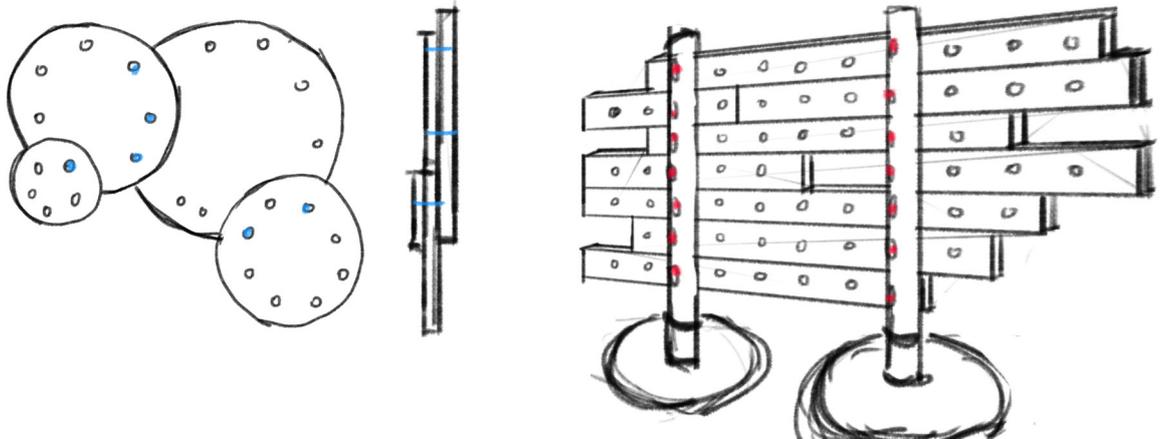


Figura 84- Módulos e estrutura optada.

Com alguns mockups, rapidamente se percebe que o sistema de encaixe dito modular não oferece muita variedade e flexibilidade de ligações entre peças.

A transição entre mock ups e redesign de um sistema de encaixe passou por algumas alterações (fig 85), a Inicial, dupla fixação, padrão quadrangular e padrão triangular.

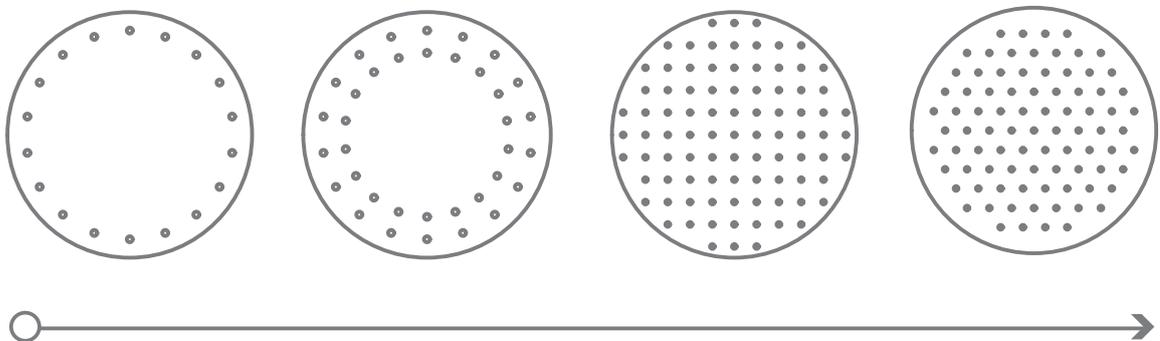


Figura 85- Evolução do encaixe da peça.

A dupla fixação veio apenas garantir que as peças não sofram rotação, o padrão quadrangular surge para oferecer mais opções de fixação nos módulos. Por fim, o padrão triangular, veio garantir que todos os pontos de fixação estão equidistantes (as diagonais dos quadrados), o que oferece ainda mais orientações nas quais os módulos se podem fixar.

Por fim, o padrão que se obteve, como esperado, forma um hexágono (fig 86), o que se percebeu através da maquete que limita as fixações de algumas zonas da peça. Comprometer uma forma circular para a de um hexágono resolve não só este problema como agiliza o processo de fabrico. Dado o número de furações associadas á peça, é mais rentável recortar uma placa de grandes dimensões em módulos, que ter um molde dedicado a cada módulo. Isto permite, conjugar as peças de modo a não ter grandes desperdícios plásticos no processo comparada mente aos círculos.

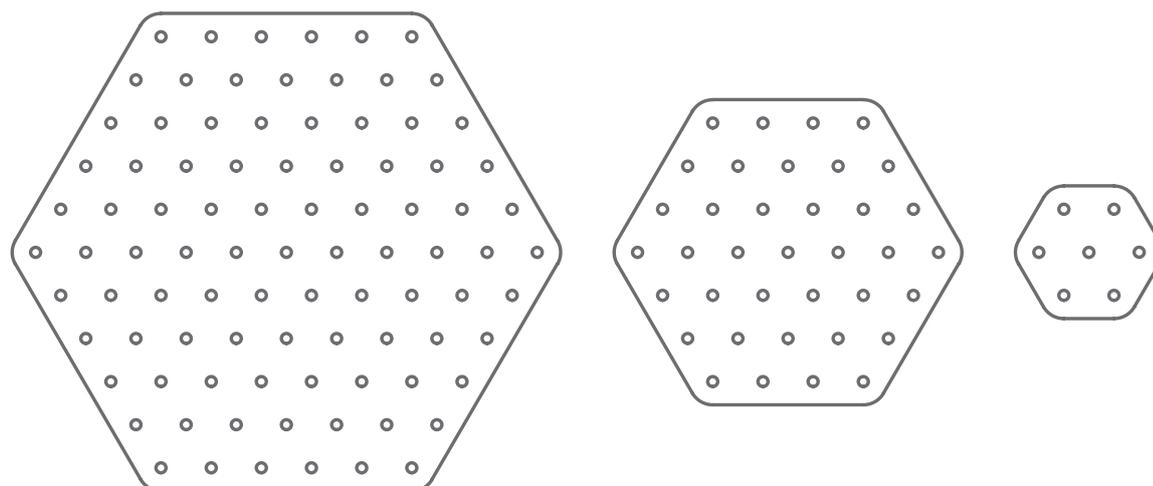


Figura 86- Módulos finais.

Algumas das estruturas facilmente se enquadram com o tipo de módulo que se imagina. Apenas algumas estruturas são utilizadas a fim de exemplificar a versatilidade dos módulos. Idealmente, poucas modificações são necessárias a uma estrutura existente para acomodar estas peças.

Pelo menos uma estrutura é desenvolvida por completo, foi escolhida pela forma como facilmente se estende uma separação entre cada pilar.

O seu desenvolvimento passou pela escolha dos perfís com um formato que aliviasse os angulos pronunciados dos hexagonos. Deste modo, a base adotou um formato redondo, em chapa de aço, que lhe permite com espessuras reduzidas de manter mesmo assim a firmeza da estrutura.

O prumo, dividido em duas partes, partilha a mesma ideologia, as duas arestas exteriores são arredondadas e a extremidade superior também.

4.8 Maquetização

A maquetização é uma etapa extremamente importante no desenvolvimento de produto. Tem como papel validar as escolhas efetuadas anteriormente durante o processo de desenvolvimento. É crucial analisar com uma escala palpável, de antemão as particularidades associadas aos sistemas de encaixes propostos.

Dado a dimensão reais dos objetos desenhados, decide-se recorrer ao uso de papel de grandes dimensões. O que permite ter uma perfeita noção das relações antropométricas associadas (fig 87).



Figura 87- Desenhos a escala real e peças redondas médias e pequenas.

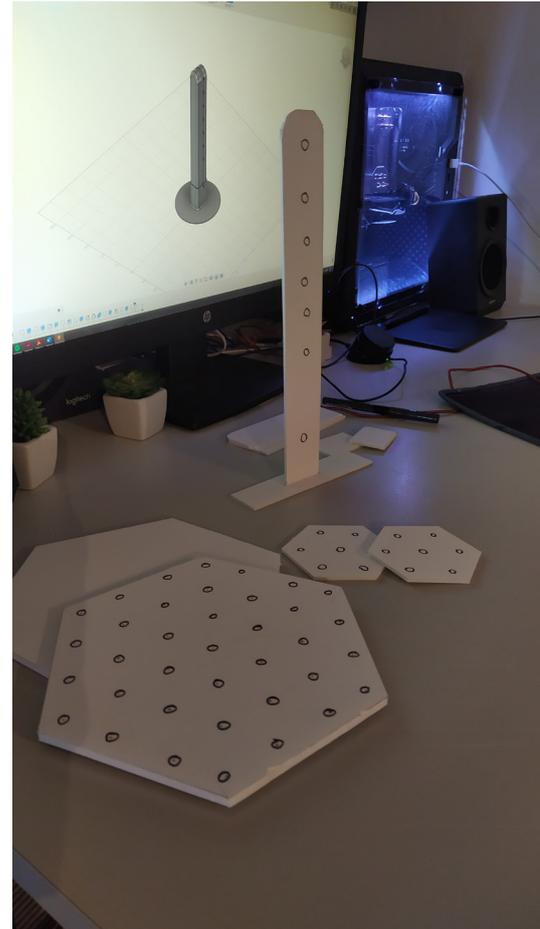


Figura 88- Módulos a escala real em contraplacado e em k line.

Inicialmente, recorreu-se ao uso de k line para recortar as peças, no entanto, os resultados das furações eram pouco interessantes. Deste modo, fez-se uso de contraplacado de 5mm e mdf.

Com o auxílio de maquetes, identificaram-se problemas associados às limitações que os encaixes apresentavam em função das proporções entre as peças. O que permitiu facilmente conceber uma solução que permitisse agilizar a movimentação entre peças. (fig 88)

4.9 Separador de escritório final

Como solução final, propõem-se os dois separadores para escritório presentes na figura 89 que apresentam uma geometria simples. Baseada na ideia de uso descomprometido e livre na qual se pode facilmente enquadrar os módulos de uma estrutura para outra. Para dar resposta a um uso versátil das peças, dependendo do espaço e contexto ao qual se enquadra.



Figura 89- Separadores finais.

Por sua vez, os módulos são placas hexagonais de plástico reciclado misto, o que lhes confere uma textura única a cada peça, de caráter forte, e indicativo da sua proveniência.

As estruturas propostas, possibilitam agrupar os módulos de forma livre, mas este agrupamento pode se estender também sobre várias estruturas interligadas pelos módulos (fig 90 e 91). Seja quando usados na secretária como quando na estrutura de suporte de chão.

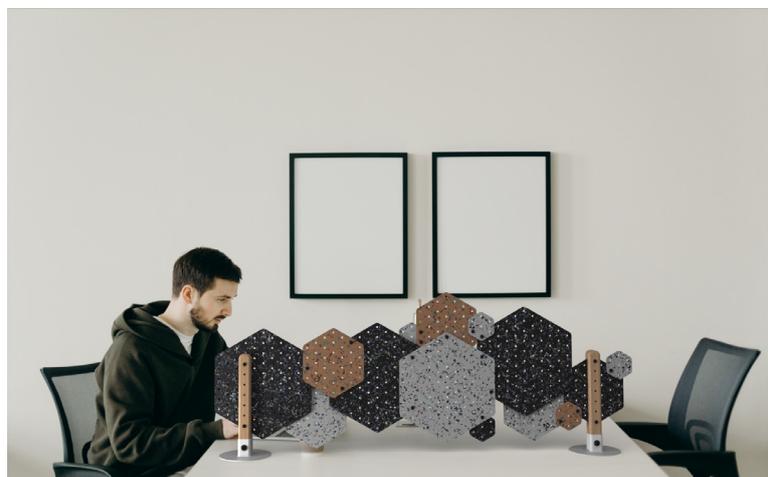


Figura 90- Separador de secretária com dois apoios.



Figura 91- Separador de escritório de chão, com o uso de um e dois suportes.

O funcionamento rege-se por manter métodos de fixação standard, as estruturas usam parafusos e porcas de aço para acoplar o prumo á base e aos módulos. Os módulos tomam partido da sua malha furada para se ligarem através de parafusos e porcas de nylon (fig 92). Uma opção mais leve que metais e menos agressiva á superfície dos módulos.

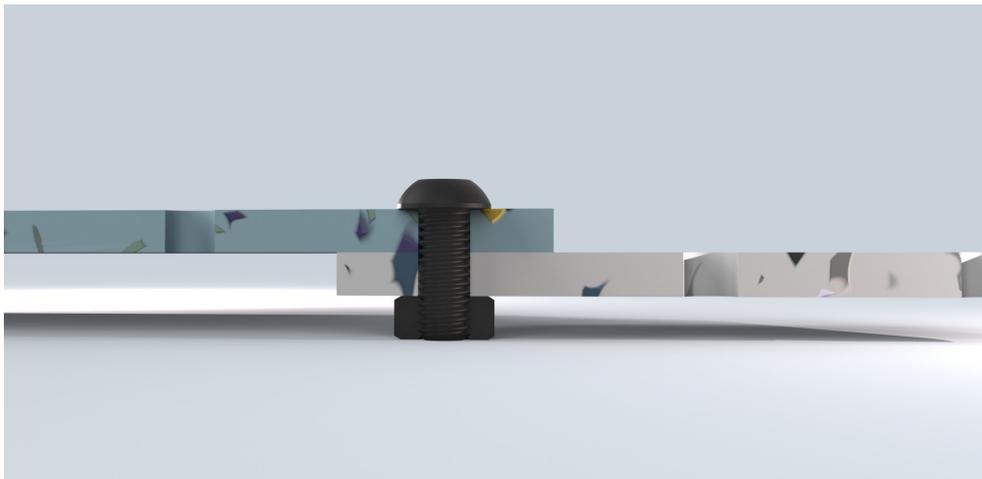


Figura 92- Ligação entre módulos através de parafuso e porca.

Com estes módulos, pretende-se um produto que facilmente possa ser utilizado de outras formas através de pequenas alterações e implementações.

Exploram-se conceptualmente algumas alternativas que possam servir de exemplo a usos simples, acessíveis e alternativos às estruturas propostas.



Figura 93- Uso suspenso dos módulos como separador.

A figura 93, representa a implementação de uma das ideias anteriormente desenhada nas estruturas. Com o auxílio de produtos baratos e de fácil uso, como suspensões de cabo de aço e braçadeiras para cabo de aço como podemos ver no anexo 6. Consegue-se obter uma plataforma na qual se consegue agrupar os módulos para criar uma nova separação.

A furação nestas peças tem um papel estrutural, de modo a auxiliar a montagem de uma forma variada. Repara-se que placas perfuradas tem um uso extenso em controlo de propriedades acústicas em espaços, geralmente para controlar o som irradiado por estruturas (Putra, 2010). Deste modo, esta característica da peça, toma uma outra função de grande interesse neste contexto.

Assim, esta ideia serve como novo pretexto a conceptualizar novas formas de tomar partido dos módulos para enquadramentos e usos alternativos. Com a mesma ótica de suspensão, agruparam-se os módulos através de um elemento conector de chapa metálica no anexo. E suspende-se o todo novamente com cabos de aço, com o intuito de melhorar a condições acústicas do espaço (fig 94).



Figura 94- Uso dos módulos pendurados no teto.

A mesma ideia se verifica quando os painéis agrupados se fixam a uma parede através de buchas, parafusos e espaçadores (fig 95). Onde embora a sua função inicial de separação já se deixa lugar unicamente a questões acústicas e decorativas.

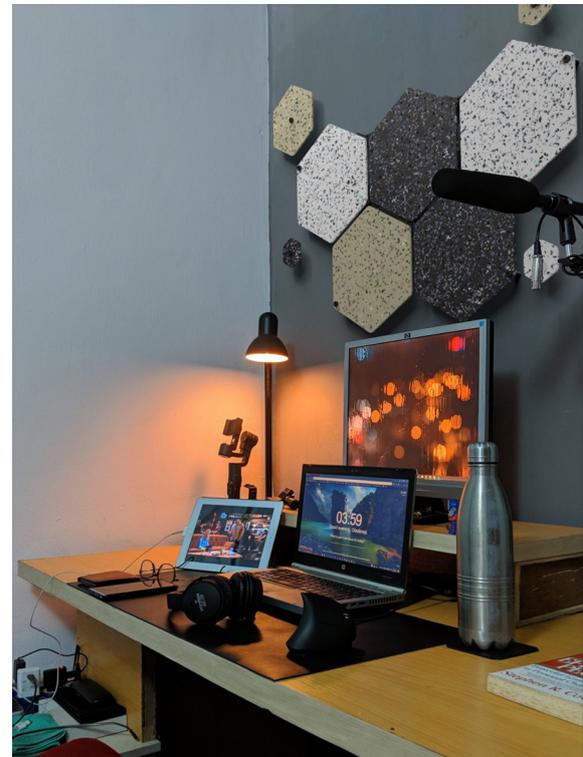


Figura 95- Uso dos módulos numa parede.

4.10 Projeto de Detalhe

O projeto de detalhe vem servir de auxílio á compreensão dos materiais, processos de fabrico, montagem, venda e mesmo transporte dos módulos e peças.

Dado a morfologia muito similar dos produtos, apenas se especificam os detalhes do modelo de separadores de secretária. A figura traduz uma vista explodida de todos os elementos constituintes do separador de escritório.

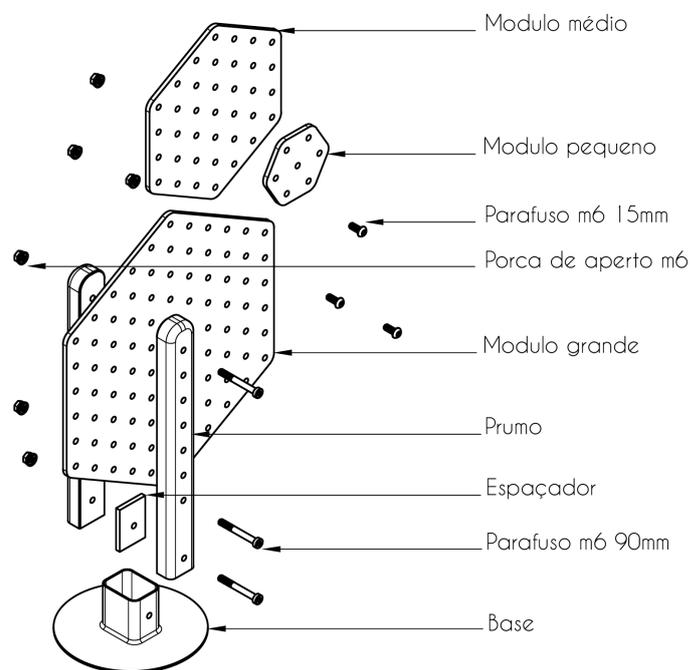


Figura 96- Vista explodida do separador de mesa.

A estrutura é composta de uma base, dois prumos e um espaçador entre os prumos. O todo é agrupado através de parafusos e porcas de aço m6 (para a base e para o prumo agregar módulos).

Se possível, os elementos que são produzidos de forma externa e comprados tem como origem a Europa para minimizar o seu transporte e consequentemente pegada ambiental.

A estrutura é composta de uma base, dois prumos e um espaçador entre os prumos. O todo é agrupado através de parafusos e porcas de aço m12 (para a base), e m6 (para o prumo agregar módulos).

A base, consiste em dois elementos, um círculo de chapa de aço 3mm de espessura, recortada através de corte de plasma. E um perfil de aço quadrangular 80 x 80 mm que é recortado, furado e soldado ao centro do círculo de chapa por soldadura TIG. Após polimento da peça, a mesma é lacada conforme a cor pretendida, para obter um melhor acabamento e proteger o metal.

Os prumos são duas ripas de madeira de carvalho claro, perfuradas com intervalo de 30mm, para acompanhar o padrão dos módulos. Os perfis são recortados á medida, perfurados, e arredonda-se uma das extremidades, de seguida, arredondam-se os ângulos frontais. Após lixada, a madeira é polida com óleo de linhaça, a fim de lhe conceder uma proteção e melhor acabamento.

Os módulos, resultam da moldação por compressão de plásticos reciclados mistos. Fabrica-se uma placa de 5mm de grandes dimensões, da qual se máquina as peças pretendidas com o auxílio de uma CNC de 3 eixos. Após recortados, são retirados os suportes do corte e possivelmente polidos caso haja vestígios.

O espaçador do prumo partilha os mesmos processos que os módulos, dado que é composto do mesmo material.

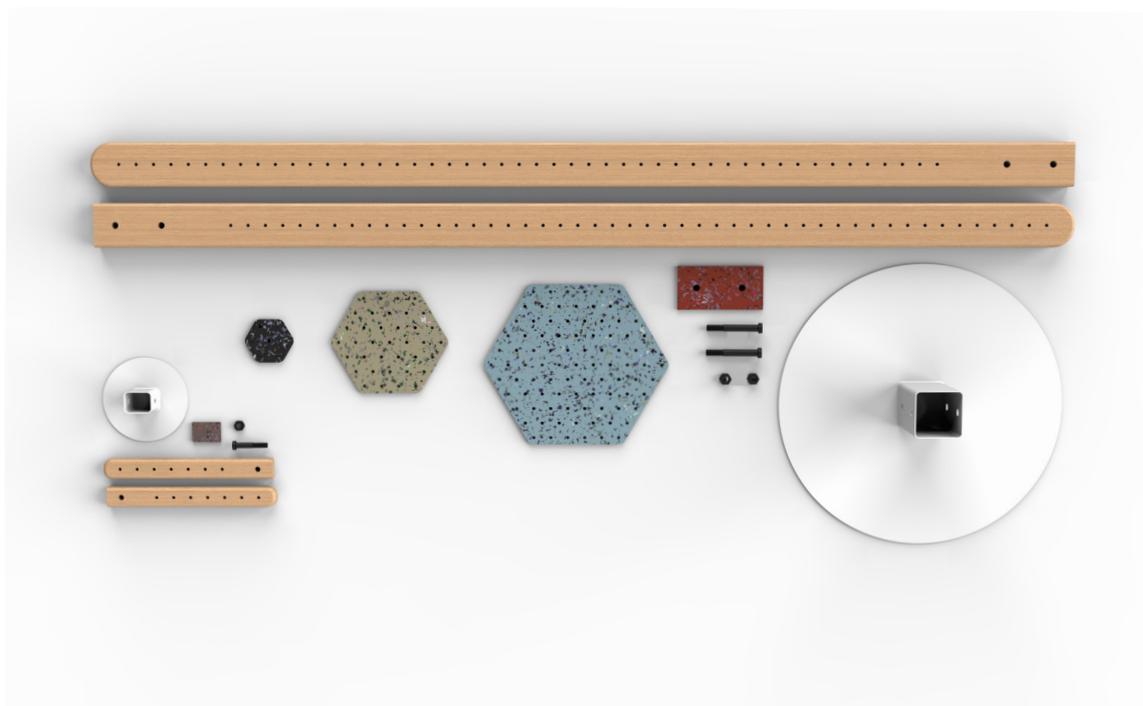
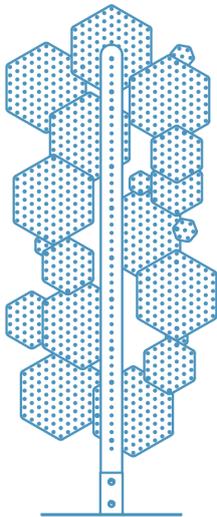
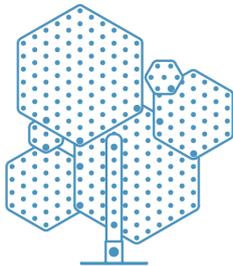


Figura 97- Peças das estruturas e módulos.

As estruturas e os módulos destinam-se a serem vendidos em conjunto ou separadamente. A estrutura de chão, comporta dez módulos grandes, cinco médios e outros cinco pequenos, o que se traduz na cobertura de uma área de aproximadamente 0.75 x 1.8 m. A estrutura de mesa tem apenas dois módulos de cada, o que lhe conforma a cobertura de uma área de aproximadamente 0.45 x 0.6 m.



- 1 x Base A.
- 1 x Espaçador A.
- 2 x Prumo A.
- 2 x Parafuso m 12 90mm (aço).
- 2 x Porca m 12 5mm (aço).
- 12 x Parafuso m 6 90mm (aço).
- 12 x Porca m 6 5mm (aço).
- 10 x Módulo grande.
- 5 x Módulo médio.
- 5 x Módulo pequeno.
- 40 x Parafuso m 6 15mm (nylon).
- 40x Porca m 6 5mm (nylon).



- 1 x Base B.
- 1 x Espaçador B.
- 2 x Prumo B.
- 3 x Parafuso m 6 90mm (aço).
- 3 x Porca m 6 5mm (aço).
- 2 x Módulo grande.
- 2 x Módulo médio.
- 2 x Módulo pequeno.
- 12 x Parafuso m 6 15mm (nylon).
- 12x Porca m 6 5mm (nylon).

Figura 98- Peças associadas a cada conjunto.

Capítulo V

5 Conclusão

5.1 Considerações finais

5.2 Desenvolvimentos futuros





Figura 99- Tampas de garrafa HDPE

5.1 Considerações finais

Nos dias que correm, os plásticos são materiais dos quais o quotidiano contemporâneo está completamente dependente. As características destes materiais tornam-nos extremamente importantes e recorrentes nos mais variados usos. No entanto, este intenso uso nem sempre estima o valor intrínseco destes materiais no final do seu ciclo de vida.

Esta premissa, serve como ponto de partida para a investigação sobre o papel do plástico na economia atualmente. E de que forma o extenso uso destes materiais os colocam como um problema ambiental. Percebe-se que mediante os sistemas atuais de reciclagem dos plásticos, as características e variedade que os tornam interessantes são infelizmente um obstáculo á sua reciclagem. Resultando muitas vezes em misturas de plásticos cuja separação e reciclagem é economicamente pouco viável.

O presente documento visa a procurar um uso a plásticos misturados que teriam como destino o reaproveitamento energético ou aterro sanitário. Verifica-se ao longo de todo o projeto a complementaridade entre as disciplinas de Engenharia e Design, neste caso, a engenharia tomou um papel muito importante a identificar as características e limitações do material. Enquanto o Design tenta designar uma solução que vá de encontro com as limitações do processo e do material proposto.

Embora se tenham verificado casos onde o uso de plásticos mistos no desenvolvimento de produto é de sucesso. O processo de fabrico associado colmata algumas das desvantagens que se verificaram com a moldação por compressão. O estudo do uso de plásticos de uma forma variável e pouco controlada é ainda pouco explorado.

Ponto de vista projetual, percebe-se que existem imensas complicações ao uso deste material por via da moldação por compressão. Este método, embora simples, não permite homogeneização e mistura dos plásticos, o que compromete fortemente a sua integridade mecânica. Assim sendo, o design e desenvolvimento limita-se a produtos para os quais as funções e condições de uso não requeiram grandes esforços por parte do material. O seu processamento, está igualmente dependente do tipo de material disponível, o que implica uma avaliação contínua da matéria-prima durante o processo de produção, a fim de garantir as melhores condições em função da variabilidade dos materiais.

Estas características do material, refletem-se não só no seu desempenho, mas igualmente nas suas características óticas. O que se traduz por uma relação quase semântica entre o produto, o material de que é composto e a forma como é produzido. Este aspeto, é sem dúvida de extrema

importância ao desenvolvimento de produto numa ótica sustentável. Abre caminho a transmitir diretamente ao utilizador a importância do problema em questão.

Mediante o produto resultante deste projeto, verificou-se que o uso de um molde de compressão á medida para cada peça não seria muito indicado para a geometria proposta. A compressão de placas de grande dimensão e posterior corte é uma alternativa que melhor responde á questão. Dado que deixa ainda em aberto a possibilidade de implementação de peças de maiores dimensões ou diferentes formatos.

A reintrodução de resíduos ou de produtos no fim de vida, ao ciclo de produção é uma ideia extremamente pertinente para servir como resposta á gestão do ciclo de vida do produto. No entanto, ainda carece de se perceber o comportamento do material ao fim de alguns ciclos.

5.2 Desenvolvimentos futuros

Em relação às perspetivas futuras, é evidente que o projeto atual representa apenas uma fração do trabalho necessário a alcançar todo o seu potencial. Deve-se, de uma forma aprofundada, encontrar uma logística de recolha, produção, venda e controlo do fim de vida dos produtos, na qual um modelo de negócio sustentável se possa apoiar. Isto pode passar pelo design de um serviço, no qual o próprio utilizador contribui para o fornecimento da matéria-prima através de campanhas de recolha. Para a produção, desenvolver um processo no qual se agilizam os procedimentos de identificação e teste da matéria-prima. Isto pode passar pelo uso de equipamentos NIR para rápida identificação dos plásticos e/ou uso de moldes mais proficientes a testes contínuos.

É importante salientar, que embora não tenha entrado dentro do foco do projeto, seria essencial o desenvolvimento de uma marca, com uma forte identidade. O que permite de forma mais direta, transmitir ao utilizador os problemas associados ao uso excessivo de plásticos, e as ideias de sustentabilidade que estão por trás do produto. Embora o design do produto tenha em conta alguns aspetos económicos, é essencial uma avaliação financeira do projeto todo. Para demarcar a sua viabilidade, e perceber em que aspetos se pode alterar de modo a fazer chegar estes produtos ao maior número. Embora não desenvolvido para este projeto, seria importante estruturar o design do produto de forma mais pronunciada para packaging e transporte do produto. Verifica-se que embora boa parte dos elementos constituintes do produto sejam transportados de forma eficiente, a base seria um elemento que poderia requerer alterações.

Durante o projeto, a engenharia tem um papel importante a melhorar e corrigir aspetos técnicos do trabalho. Embora não crucial, a realização de ensaios mecânicos de forma quantitativa teria sido uma abordagem muito mais enriquecedora para otimizar as condições de processamento. Garantir espessuras homogêneas ao longo dos testes, por meio de moldes específicos teria sido muito benéfico para efeitos comparativos. Como se verificou com os desenhos a escala real, a percepção de dimensões é diferente, o desenvolvimento de um protótipo, teria igualmente sido um meio de análise contextualizado com o uso de extrema importância. A avaliação do desempenho acústico do material teria sido muito importante para validar novos uso.

Al-Salem, S. M., Lettieri, P., & Baeyens, J. (2009). *Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review*. In *Waste Management* (Vol. 29, Issue 10, pp. 2625–2643). <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.06.004>

Aparecida Da, M., Spinacé, S., & de Paoli, M. A. (2005). *A Tecnologia de Reciclagem de Polímeros*. In *Quim. Nova* (Vol. 28, Issue 1). <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000100014>

Ashby, M. F., & Johnson, K. (2014). *Materials and design : the art and science of material selection in product design*.

Ashby, M. F. (1999). *Materials selection in mechanical design*. Butterworth-Heinemann.

Burck, J., Uhlich, T., Bals, C., Höhne, N., Nascimento, L., & Wong, J. (2021). *2022 RESULTS Monitoring Climate Mitigation Efforts of 60 Countries plus the EU-covering 92% of the Global Greenhouse Gas Emissions*. www.german-watch.org

Carlos Relvas. (2017). *DESIGN & ENGENHARIA da ideia ao produto*. www.engebook.com

Ceschin, F., & Gaziulusoy, I. (2016). *Evolution of design for sustainability: From product design to design for system innovations and transitions*. *Design Studies*, 47, 118–163. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2016.09.002>

Chanda Manas, & Roy Salil K. (2007). *Plastics Fabrication and Recycling*. ISBN 13: 978-1-4200-8062-9

Charles A. Harper. (2006). *HANDBOOK OF PLASTIC PROCESSES*. ISBN: 13: 978-0-471-66255-6

Design Council. (2007). *Eleven lessons: managing design in eleven global brands*. <https://www.designcouncil.org.uk/our-work/skills-learning/resources/11-lessons-managing-design-global-brands/>

Design Council. (2019). *Framework for Innovation: Design Council's evolved Double Diamond*. <https://www.designcouncil.org.uk/our-work/skills-learning/tools-frameworks/framework-for-innovation-design-councils-evolved-double-diamond/>

Designbythem. (2018). *Confetti Collection*. <https://www.designbythem.com/collections/confetti>

DiTullo, M. (2022, March). *Next Level Acoustics: Designing for Ceiling-to-Floor Sustainability* [Panel Discussion]. Next Level Acoustics: Designing for Ceiling-to-Floor Sustainability, Remote, Remote. <https://www.youtube.com/watch?v=pKEGd3wWiYk>

Eriksen, M. K., & Astrup, T. F. (2019). *Characterisation of source-separated, rigid plastic waste and evaluation of recycling initiatives: Effects of product design and source-separation system*. *Waste Management*, 87, 161–172. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.02.006>

Eriksen, M. K., Christiansen, J. D., Daugaard, A. E., & Astrup, T. F. (2019). *Closing the loop for PET, PE and PP waste from households: Influence of material properties and product design for plastic recycling*. *Waste Management*, 96, 75–85. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.07.005>

Eriksson, O., & Finnveden, G. (2009). *Plastic waste as a fuel - CO₂-neutral or not?* *Energy and Environmental Science*, 2(9), 907–914. <https://doi.org/10.1039/b908135f>

European Commission. (2018). *A European Strategy for Plastics in a Circular Economy*. European Commission. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0028&from=PT>

Eurostat. (2021). *Persons performing physical activity when working by type of activity, most frequent activity status, quantile and degree of urbanization*. https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_hch06&lang=en

Extruplás. *Catálogo de Produtos*. Extruplás. <https://www.extruplas.com/index.php/pt/catalogo-3/product/listing>

Fabrizio Ceshin, & Idil Gaziulusoy. (2020). *Design for Sustainability A Multi-level Framework from Product to Socio-technical Systems*. www.routledge.com/

Fernandes, P. T., & Junior, O. C. (2014). *Sustainable product design: The development of a conceptual model*. *Applied Mechanics and Materials*, 518, 335–342. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.518.335>

Gaziulusoy, A. I., & Brezet, H. (2015). *Design for system innovations and transitions: A conceptual framework integrating insights from sustainability science and theories of system innovations and transitions*. *Journal of Cleaner Production*, 108, 558–568. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.066>

104 Gibson, S., & Karlovasitis, N. (2021). *Good As New — Butter Celebrates 10*

Years. Designbythem. <https://www.designbythem.com/blogs/news/good-as-new-butter-celebrates-10-years>

Gomi Design. (2018). *About*. <https://www.gomi.design/about>

Goodship, V. (2007). *Plastic recycling*. In *Science Progress* (Vol. 90, Issue 4, pp. 245–268). <https://doi.org/10.3184/003685007X228748>

Hanna, E. G. (2019). *Recycling of waste mixed plastics blends (PE/PP)*. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 12(2), 87–92. <https://doi.org/10.25103/jestr.122.12>

Kirei Design. (2020). *Air Baffle*. <https://www.kireiusa.com/products/air-baffle/>

Manzini Ezio, & Vezzoli Carlo. (2002). *Desenvolvimento de produtos sustentáveis - Ezio Manzini e Carlo Vezzoli*.

Marcel Crul, & Jan Carel Diehl. (2006). *Design for Sustainability A practical approach for developing economies*. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/8720>

Maris, J., Bourdon, S., Brossard, J. M., Cauret, L., Fontaine, L., & Montembault, V. (2018). *Mechanical recycling: Compatibilization of mixed thermoplastic wastes*. In *Polymer Degradation and Stability* (Vol. 147, pp. 245–266). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2017.11.001>

Martin J. Wolf, John W. Emerson, Daniel C. Esty, Alex de Sherbinin, & Zachary A. Wendling. (2022). *The Environmental Performance Index 2022*.

Nike. (2022). *About*. NikeGrind. <https://www.nikegrind.com/about/>

Parker, L. (2019). *The world's plastic pollution crisis explained*. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/plastic-pollution>

PlascticsEurope. (2021). *Plastics-the Facts 2021 An analysis of European plastics production, demand and waste data*. <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/12/Plastics-the-Facts-2021-web-final.pdf>

Putra, A., & Thompson, D. J. (2010). *Sound radiation from perforated plates*. *Journal of Sound and Vibration*, 329(20), 4227–4250. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2010.04.020>

Ragaert, K., Delva, L., & van Geem, K. (2017). *Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste*. In *Waste Management* (Vol. 69, pp. 24–58). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.044>

Ramani, K., Ramanujan, D., Bernstein, W. Z., Zhao, F., Sutherland, J., Handwerker, C., Choi, J. K., Kim, H., & Thurston, D. (2010). *Integrated sustainable life cycle design: A Review*. *Journal of Mechanical Design*, *Transactions of the ASME*, 132(9), 0910041–09100415. <https://doi.org/10.1115/1.4002308>

Salah M. El-Haggar. (2007). *Sustainable Industrial Design and Waste Management*. ISBN 13: 978-0-12-373623-9

Shen, L., & Worrell, E. (2014). *Plastic Recycling*. In *Handbook of Recycling: State-of-the-art for Practitioners, Analysts, and Scientists* (pp. 179–190). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396459-5.00013-1>

Shrivastava, A. (2018). *Introduction to Plastics Engineering*. In *Introduction to Plastics Engineering* (pp. 1–16). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-39500-7.00001-0>

Vallero, D. A., & Brasier, Chris. (2008). *Sustainable design : the science of sustainability and green engineering*. John Wiley. ISBN 9780470130629

Vela, A. (2022). *Tipos de plástico según su facilidad de reciclaje*. National Geographic. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/tipos-plastico-segun-su-facilidad-reciclaje_12714/7

Wagner, F., Peeters, J. R., Ramon, H., de Keyzer, J., Duflou, J. R., & Dewulf, W. (2020). *Quality assessment of mixed plastic flakes from Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) by spectroscopic techniques*. *Resources, Conservation and Recycling*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104801>

Wautelet, T. (2018). *The Concept of Circular Economy: its Origins and its Evolution*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17021.87523>

Williamson, C. (2015). *Müll: Objects Made From Recycled Plastic Trash*. Design Milk. <https://design-milk.com/mull-objects-made-recycled-plastic-trash/>

- Figura 1- Saco de plástico.
Fonte: <https://www.pexels.com/photo/abstract-background-of-blue-plastic-bag-7512950/>
- Figura 2- Esquema de pensamento Double Diamond.
Fonte: <https://www.designorate.com/the-double-diamond-design-thinking-process-and-how-to-use-it/>
- Figura 3- Resíduos de plástico pós consumo, garrafas PET.
Fonte: <https://www.pexels.com/photo/plastic-bottles-3735205/>
- Figura 4- Evolução da produção mundial de plástico entre 1950 e 2018 em função do aumento da população.
Fonte: <https://www.openaccessgovernment.org/the-plastic-timeline-how-did-we-get-here/102481/>
- Figura 5- Setor nos quais mais se utilizam plásticos.
Baseado em: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2021/>
- Figura 6- Resinas plásticas mais utilizadas na Europa em 2020.
Baseado em: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2021/>
- Figura 7- Símbolos correspondentes aos tipos de plásticos
Imagem pelo autor com elementos de: Flaticon.com
- Figura 8- Evolução da gestão de resíduos plásticos pós consumo na Europa entre 2006 e 2020.
Baseado em: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2021/>
- Figura 9- Esquema da reciclagem mecânica.
Imagem pelo autor com elementos de: Flaticon.com
- Figura 10- Granulado de ABS reciclado pronto a ser reutilizado.
Imagem pelo autor.
- Figura 11- Reciclabilidade dos plásticos.
Baseado em: [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/tipos-plastico-segun-su-facilidad-reciclaje_12714#:~:text=Actualmente%20existen%20siete%20tipos%20de,LDPE%2C%20PP%20y%20PS\).](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/tipos-plastico-segun-su-facilidad-reciclaje_12714#:~:text=Actualmente%20existen%20siete%20tipos%20de,LDPE%2C%20PP%20y%20PS).)
- Figura 12- Usos comuns da moldação por compressão, injeção e termoformação.
Adaptado de: <https://fibertechplastics.com/custom-rotational-molding/a-simple-guide-to-plastic-molding/#:~:text=The%20most%20popular%20techniques%20in,make%20your%20part%20or%20product.>
- Figura 13- Usos comuns da moldação rotacional, extrusão e por sopra.
Adaptado de: <https://fibertechplastics.com/custom-rotational-molding/a-simple-guide-to-plastic-molding/#:~:text=The%20most%20popular%20techniques%20in,make%20your%20part%20or%20product.>
- Figura 14- Esquema da moldação por compressão
Baseado em: <https://www.hardwareinterviews.fyi/t/basics-of-compression-molding/122>
- Figura 15- Molde de vaso e vaso produzido a partir de resíduos da indústria agrícola.
Fonte: <https://livingwebfarms.org/on-farm-plastic-recycling/>
- Figura 16- Os três aspetos nos quais o Design para sustentabilidade se assenta.
Imagem pelo autor com elementos de: Flaticon.com
- Figura 17- Esquema de Cradle-to-cradle design.
<https://www.eboss.co.nz/detailed/shane-wyatt/can-passive-fire-protection-be-sustainable>
- Figura 19- Cubos de LDPE, reciclado.
Fonte: <https://inhabitat.com/carter-zufelt-uses-an-ingenious-new-process-to-create-art-out-of-recycled-plastic-trash/new-post-submission-icon-4388/>
- Figura 18- Contentores para organização Müll.
Fonte: <https://design-milk.com/mull-objects-made-recycled-plastic-trash/>
- Figura 20- Banco e sidetable Müll.
Fonte: <https://competition.designaward.com/design-image.php?y=2015&design=44862>

Figura 21- Carregador sem fios Gomi.

Fonte: <https://inhabitat.com/recycled-plastic-wireless-chargers-work-twice-as-fast-as-regular-cables/gomi-3/>

Figura 22- Coluna de som Bluethoth Gomi.

Fonte: <https://www.gomi.design/>

Figura 23- Bateria portátil Gomi.

Fonte: <https://www.gomi.design/>

Figura 24- The Air baffle Kirei studios.

Fonte: <https://www.kireiusa.com/products/air-baffle/>

Figura 26- The Air Baffle e o calçado que serviu de inspiração.

Fonte: <https://www.kireiusa.com/products/air-baffle/>

Figura 25- Nike Space Hippië 04, mais de 25% do peso é de plástico reciclado.

Nike, Fonte: <https://www.kicksonfire.com/nike-space-hippie-04-astronomy-blue-lifestyle-images/>

Figura 27- Chuveiros exteriores Extruplás.

Fonte: <https://www.extruplas.com/pt/catalogo-3/mobiliario-de-praia-2/product/794->

Figura 28- Toldo Para Praias em perfis pretos.

Fonte: <https://www.extruplas.com/pt/catalogo-3/destaques-2/product/784->

Figura 29- Bancos e mesa Confetti.

Fonte: <https://www.designbythem.com/collections/confetti>

Figura 30- Cadeira de plástico, Butter chair.

Fonte: <https://www.designbythem.com/collections/butter>

Figura 31- Garrafas de plástico brancas por lavar.

Fonte: <https://www.pexels.com/photo/plastic-waste-of-empty-containers-and-jars-5505699/>

Figura 32- Peças com defeito, protótipos ou peças não vendidas para serem trituradas.

Imagem pelo autor.

Figura 33- Diferença de tamanho de grão na amostra.

Imagem pelo autor.

Figura 34- Distribuição heterogénea de granulos.

Imagem pelo autor.

Figura 35- Separação de granulos

Imagem pelo autor.

Figura 36- Tabela de resultados

Imagem pelo autor.

Figura 37- Forno onde se aquecem os moldes.

Fonte: <https://smartplasticlabdemua.wordpress.com/equipment/>

Figura 38- Molde carregado com plástico.

Imagem pelo autor.

Figura 39- Prensa manual.

Imagem pelo autor.

Figura 40- Placa resultante do teste 1 no molde.

Imagem pelo autor.

Figura 42- Placa resultante do teste 3.

Imagem pelo autor.

Figura 41- Placa resultante do teste 2.
Imagem pelo autor.

Figura 43- Placa resultante do teste 4.
Imagem pelo autor.

Figura 44- Placa resultante do teste 5.
Imagem pelo autor.

Figura 45- Placa resultante do teste 6.
Imagem pelo autor.

Figura 46- Placa resultante do teste 7.
Imagem pelo autor.

Figura 47- Placa resultante do teste 8.
Imagem pelo autor.

Figura 48- Experiencia 2, flexibilidade.
Imagem pelo autor.

Figura 49- Perca de fragmentos quando dobrado.
Imagem pelo autor.

Figura 51- Placa resultante da experiencia 2.
Imagem pelo autor.

Figura 50- Textura da placa da experiencia 2.
Imagem pelo autor.

Figura 52- Três provetes a testar.
Imagem pelo autor.

Figura 53- Corte de placas de teste para provetes.
Imagem pelo autor.

Figura 54- Proвете a ser testado.
Imagem pelo autor.

Figura 55- Provetes quebrados após o ensaio mecanico.
Imagem pelo autor.

Figura 56- Diagrama de tensão-deformação comparativo entre os resultados médios dos três tipos de plástico.
Imagem pelo autor.

Figura 57- Bancos deplástico das bancadas de um estabelecimento desportivo.
Fonte: <https://pixabay.com/photos/seat-armchair-blue-stadium-design-4451620/>

Figura 58- Nuvem de ideias.
Imagem pelo autor.

Figura 59- Moodboard de Produtos de plástico reciclado.
Imagem pelo autor.

Figura 60- Exploração de iluminação de mesa.
Imagem pelo autor.

Figura 61- Visualização do desenho tridimensionalmente.
Imagem pelo autor.

Figura 62- Relógio de parede de plástico reciclado.
Imagem pelo autor.

Figura 63- Puxadores de plástico reciclado.
Imagem pelo autor.

Figura 64- Banco de três pés.
Imagem pelo autor.

Figura 65- Sapateira com portas em plástico.
Imagem pelo autor.

Figura 67- Cacifos e banco.
Imagem pelo autor.

Figura 68- Bengaleiro.
Imagem pelo autor.

Figura 66- Cabides de parede.
Imagem pelo autor.

Figura 69- Banco.
Imagem pelo autor.

Figura 70- Esquços de soluções de secretárias e elementos.
Imagem pelo autor.

Figura 71- Esquços de de sistemas de montagem de separadores.
Imagem pelo autor.

Figura 72- Primeiro separadore pensado de peça única.
Imagem pelo autor.

Figura 73- Transição entre peça única e módulos.
Imagem pelo autor.

Figura 74- Ease, separador suspenso e de mesa.
Fonte: <https://www.edsbyn.com/products/ease/>

Figura 75- Peça modular, LINK.
Fonte: <https://movisi.com/en/blog-the-future-workspace-3/work-modular-fostering-creativity-and-collaboration-in-a-new-home-office-environment>

Figura 76- Blocos de construção Everblock.
Fonte: <https://improv.agency/storytelling-and-innovation/cool-ways-to-use-everblock-life-size-building-block-in-offices/>

Figura 77- ECHONOTE® By ECHOJAZZ, uso de rodas para movimentar e aproveitamento da verticalidade para função.
Fonte: https://www.archiproducts.com/en/products/echojazz/magnetic-board-with-a-sound-absorbing-surface-echonote_573818

Figura 78- Uso vertical do espaço, Belong work tools, Haworth.
Fonte: <https://www.haworth.com/la/en/products/work-tools/belong-work-tools.html>

Figura 79- Hinoki: “separadores que separam sem separar”.
Fonte: <https://manerbasp.com/en/news-and-stories/hinoki-screens-partitions-separate-without-dividing/>

Figura 80- Coleção Dezibel Zilenzio, Note design studio tem os três tipos de separadores.
Fonte: <https://zilenzio.com/>

Figura 81- Esquema do conceito de transição entre tipos de separador.
Imagem pelo autor.

Figura 82- Desenhos de módulos para separador.
Imagem pelo autor.

Figura 83- Desenhos de estruturas nas quais se agregam os modulos para separador.
Imagem pelo autor.

Figura 84- Módulos e estrutura optada.

Imagem pelo autor.

Figura 85- Evolução do encaixe da peça.

Imagem pelo autor.

Figura 86- Módulos finais.

Imagem pelo autor.

Figura 87- Desenhos a escala real e peças redondas médias e pequenas.

Imagem pelo autor.

Figura 88- Módulos a escala real em contraplacado e em k line.

Imagem pelo autor.

Figura 89- Separadores finais.

Imagem pelo autor.

Figura 90- Separador de secretária com dois apoios.

Imagem pelo autor.

Figura 92- Ligação entre módulos através de parafuso e porca.

Imagem pelo autor.

Figura 91- Separador de escritório de chão, com o uso de um e dois suportes.

Imagem pelo autor.

Figura 93- Uso suspenso dos módulos como separador.

Imagem pelo autor.

Figura 94- Uso dos módulos pendurados no teto.

Imagem pelo autor.

Figura 95- Uso dos módulos numa parede.

Imagem pelo autor.

Figura 96- Vista explodida do separador de mesa.

Imagem pelo autor.

Figura 97- Peças das estruturas e módulos.

Imagem pelo autor.

Figura 98- Peças associadas a cada conjunto.

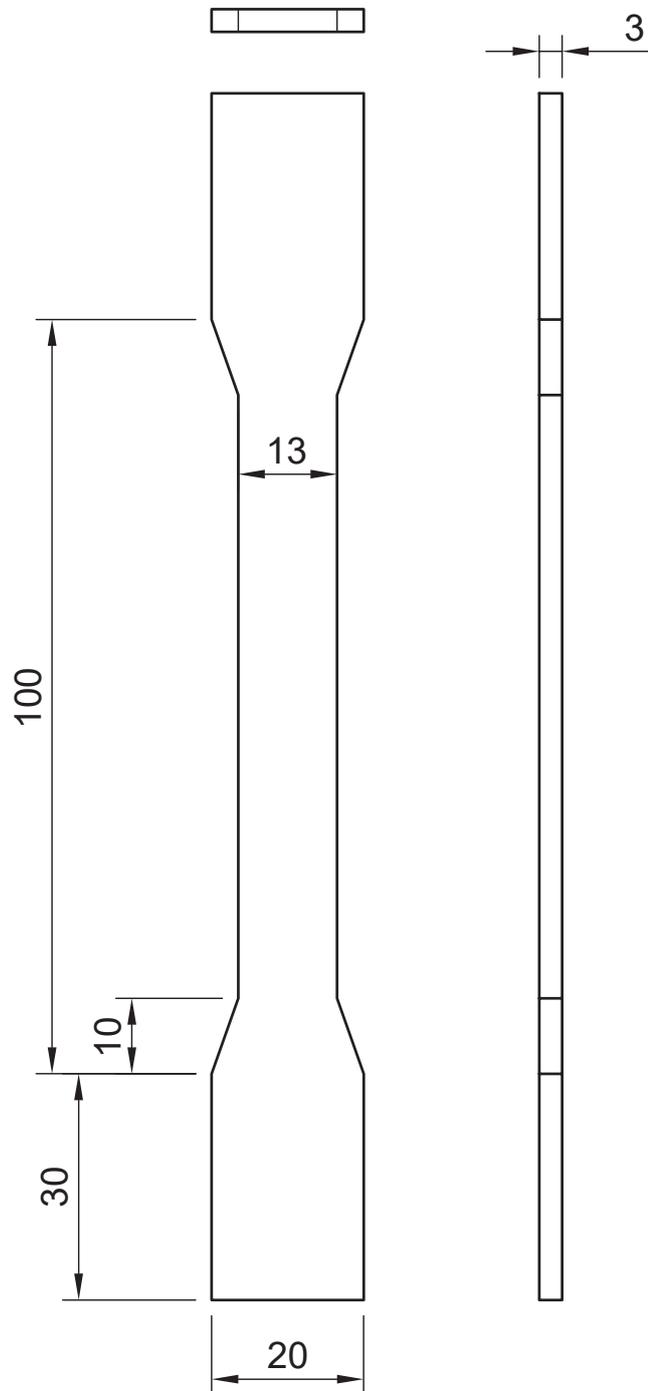
Imagem pelo autor.

Figura 99-Tampas de garrafa HDPE

Fonte: <https://www.pexels.com/photo/plastic-bottle-caps-3735202/>

Anexo 2

Dimensões do provete de teste



Anexo 3

Resultados dos ensaios mecânicos

Diagrama de tensão-deformação de ABS reciclado

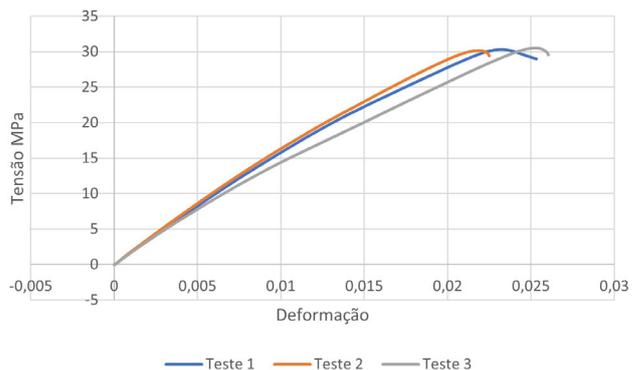


Diagrama de tensão-deformação médio dos testes de ABS reciclado.

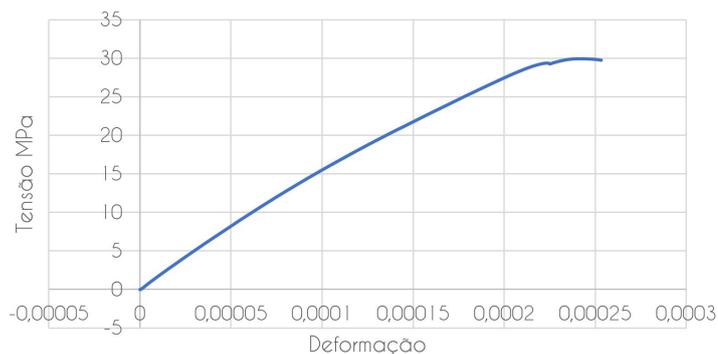


Diagrama de tensão-deformação de ABS virgem

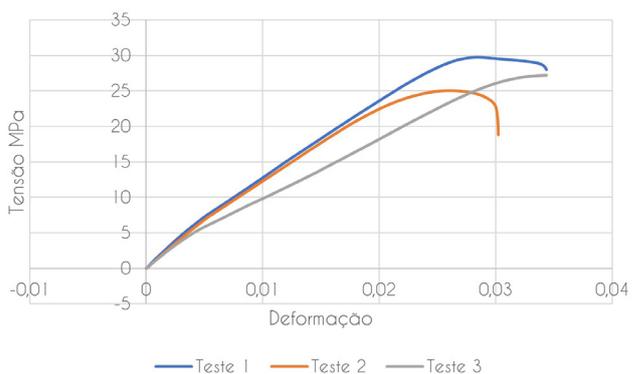


Diagrama de tensão-deformação médio dos testes de ABS virgem.

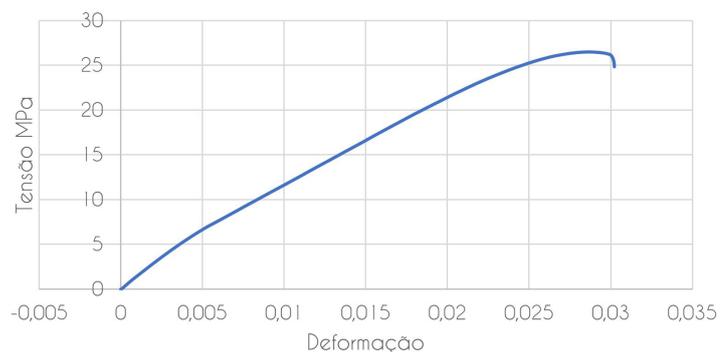


Diagrama de tensão-deformação de plásticos mistos

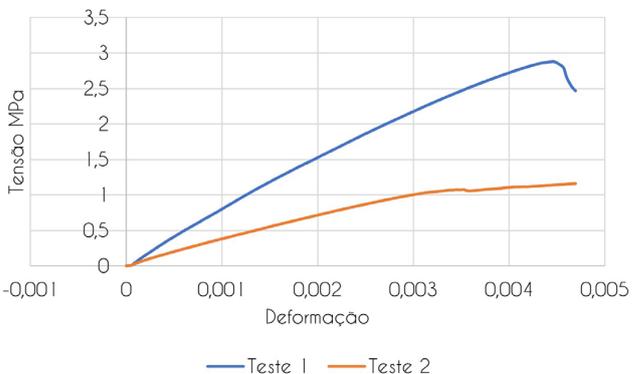
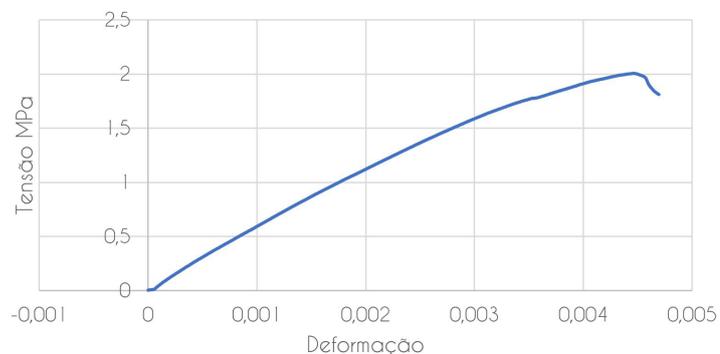


Diagrama de tensão-deformação médio dos testes de plásticos mistos.



Anexo 4

Benchmark

Benchmarks	Separação Visual	Ecologia	Modularidade	Funcionalidade	Ergonomia	Isolamento acústico	Preço	Estética	Versatilidade	Overall Benchmark Score
Picket Room Divider	10	9	2	4	6	5	4	10	3	0
Ease collection (Edsbyn)	10	9	9	10	9	8	5	9	8	53
Everblock	10	3	8	7	7	7	7	6	8	77
Link	7	7	8	4	8	7	6	8	7	63
Buzzi Blind	8	6	5	5	6	8	4	7	5	62
VARHAUG (IKEA)	9	8	3	8	9	7	10	7	2	54
ELLOVEN (IKEA)	9	6	3	6	7	8	10	7	5	63
Skog (Zilenzio)	7	7	2	4	6	8	5	10	2	61
Dezibel (Zilenzio)	9	7	7	6	7	8	6	9	10	51
	79	62	47	54	65	66	57	73	50	69



Picket room divider



Elloven



Ease collection



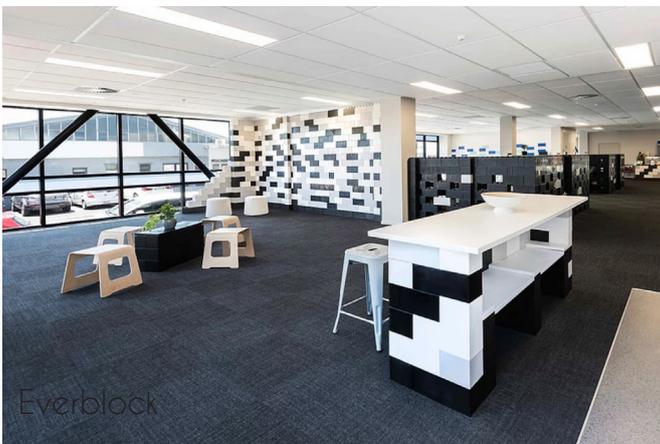
Dezibel zilenzio



SKOG zilenzio



Buzza



Everblock



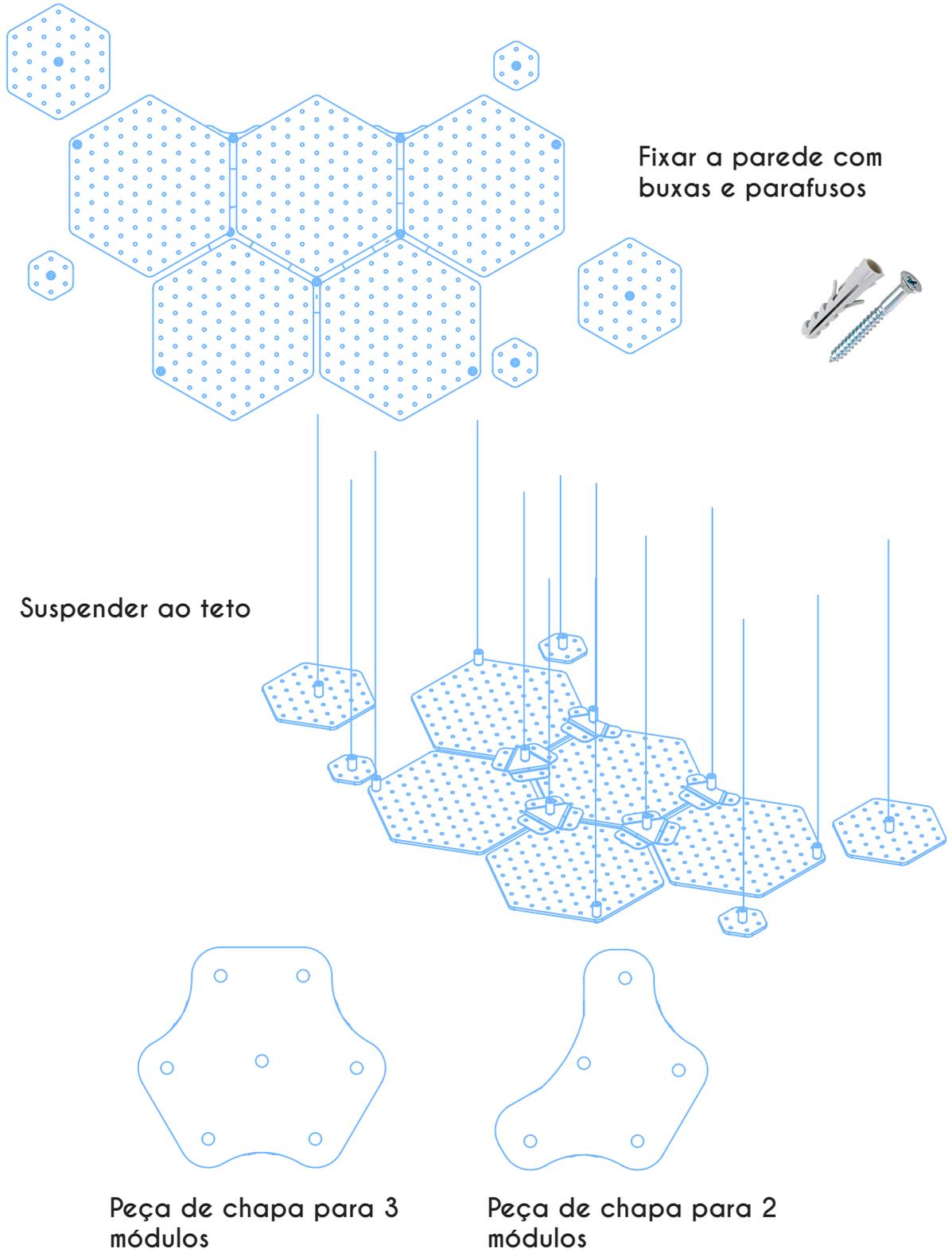
Link



Varhaug

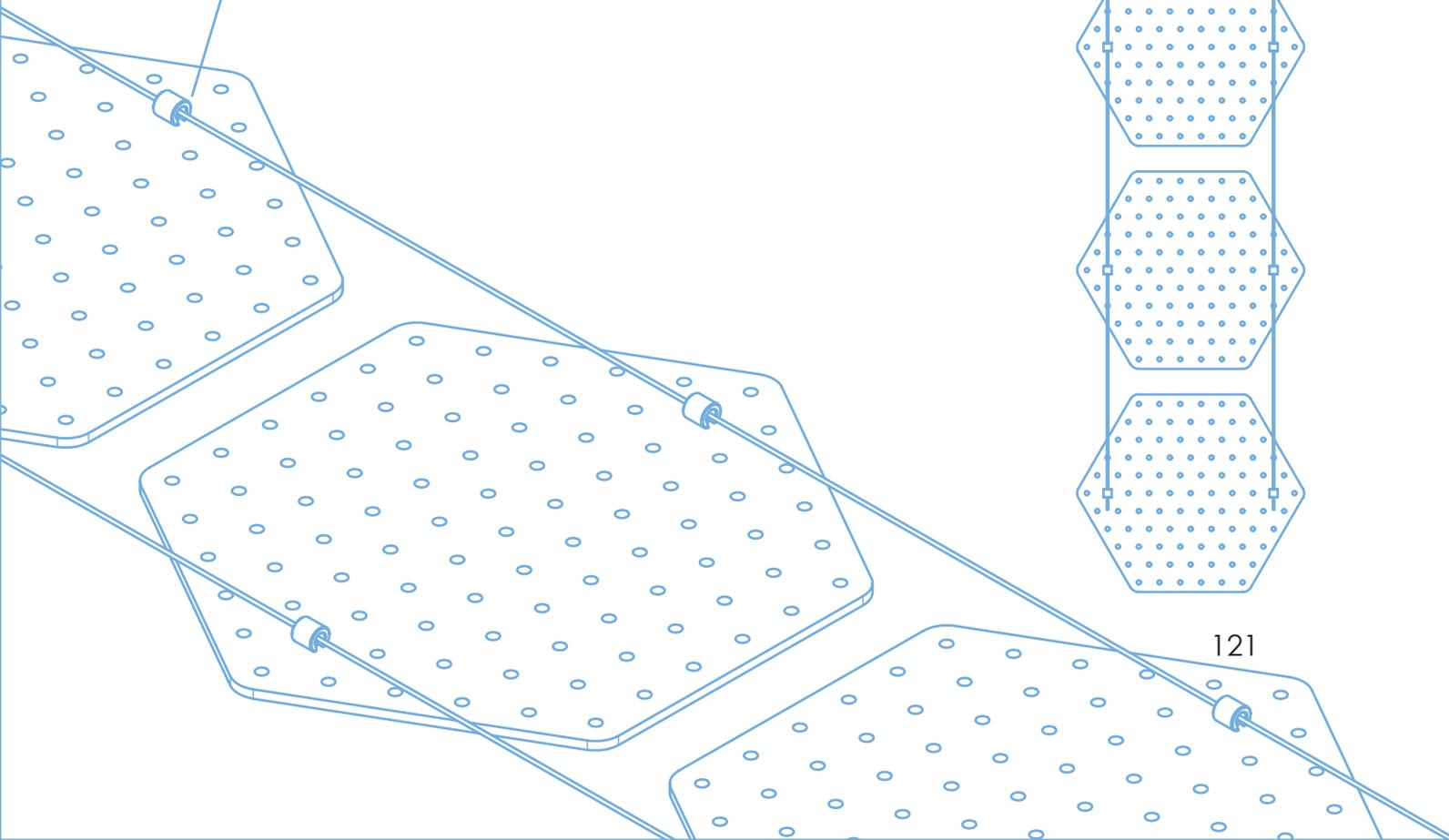
Anexo 5

Concept de peça metálica para agregar módulos



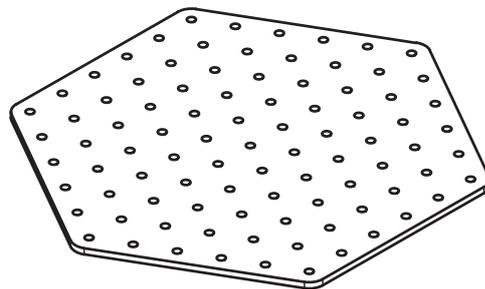
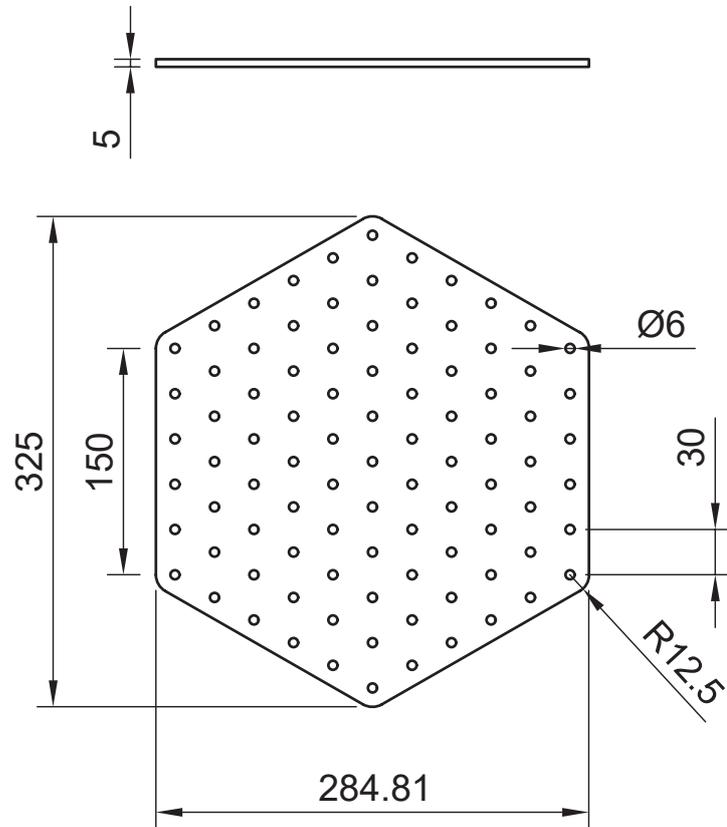
Anexo 6

Concept de suspender os módulos



Anexo 7

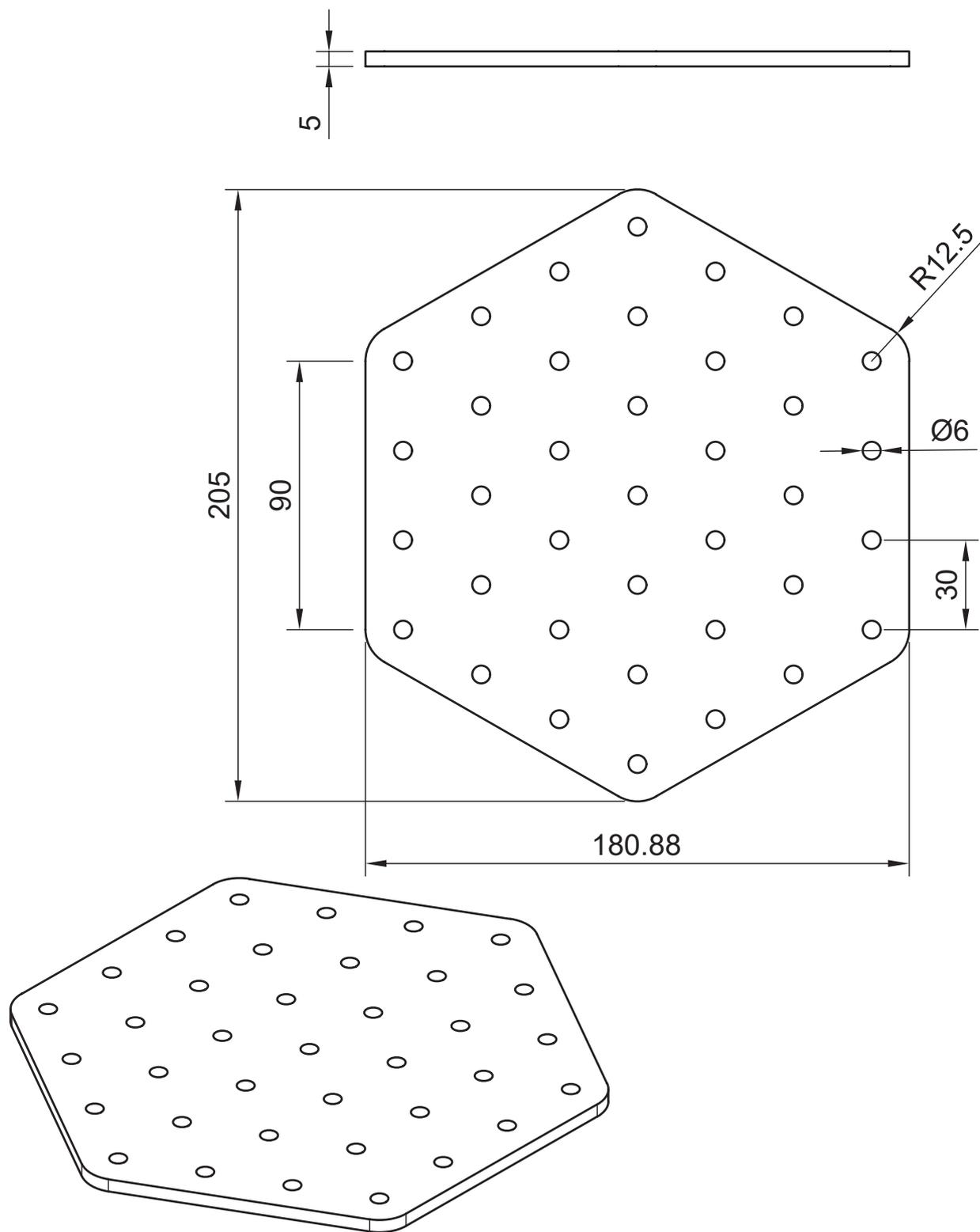
Desenhos técnicos dos módulos



Peça: Módulo Grande

Escala: 1:5

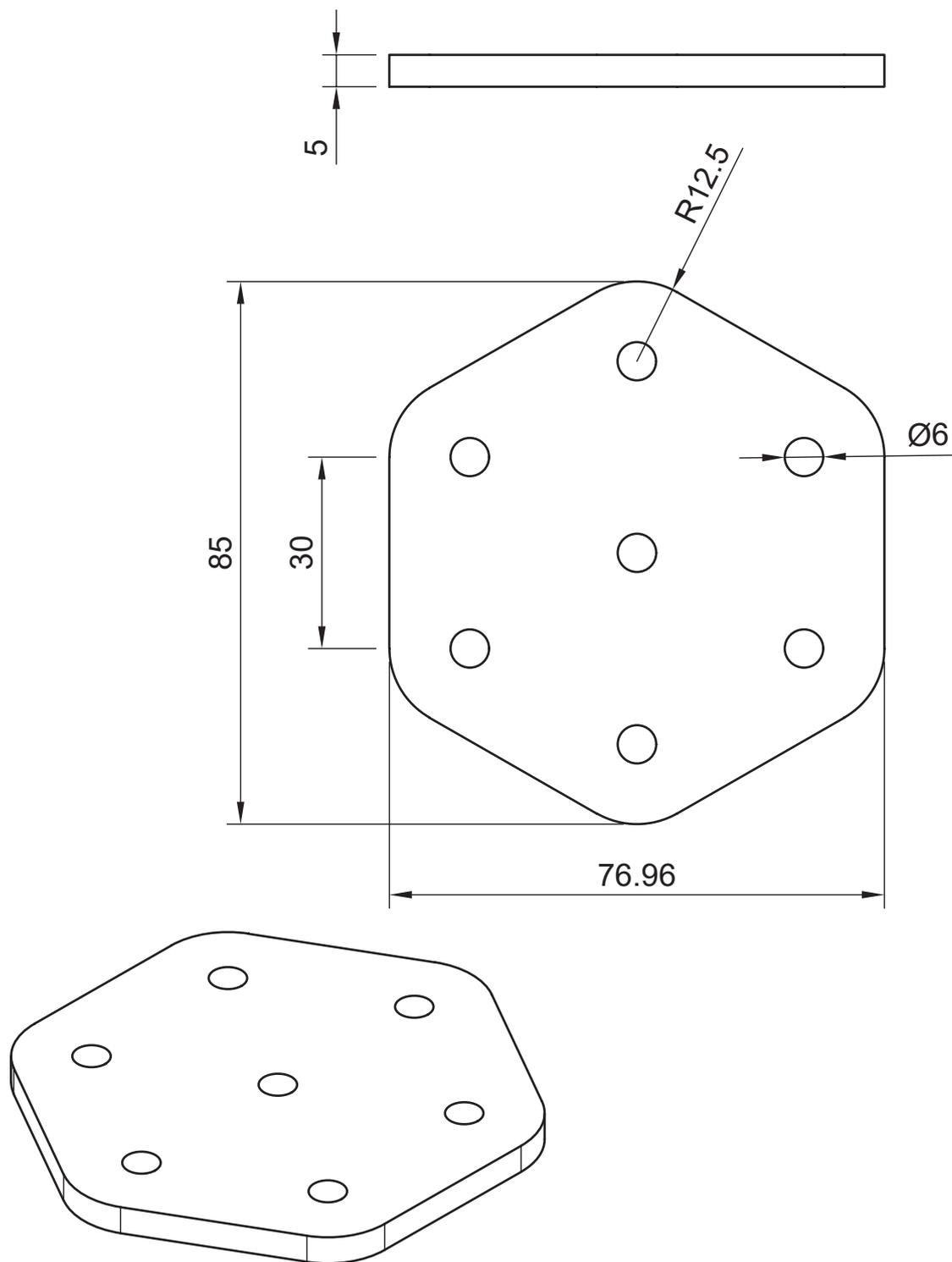
Material: Plásticos mistos



Peça: Módulo Médio

Escala: 1:2

Material: Plásticos mistos



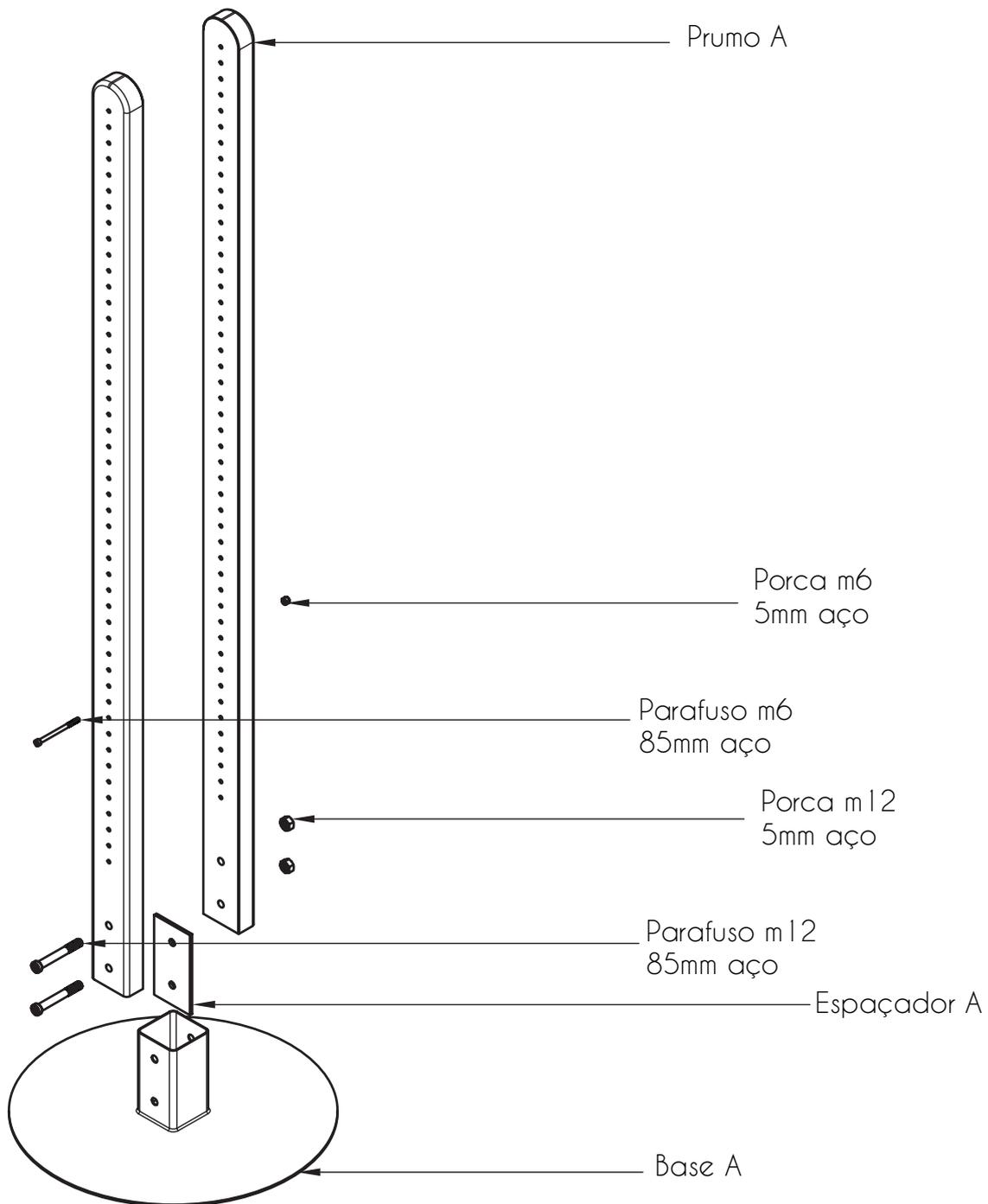
Peça: Módulo Pequeno

Escala: 1:1

Material: Plásticos mistos

Anexo 7

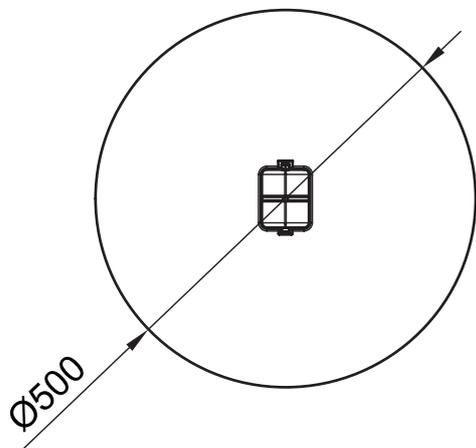
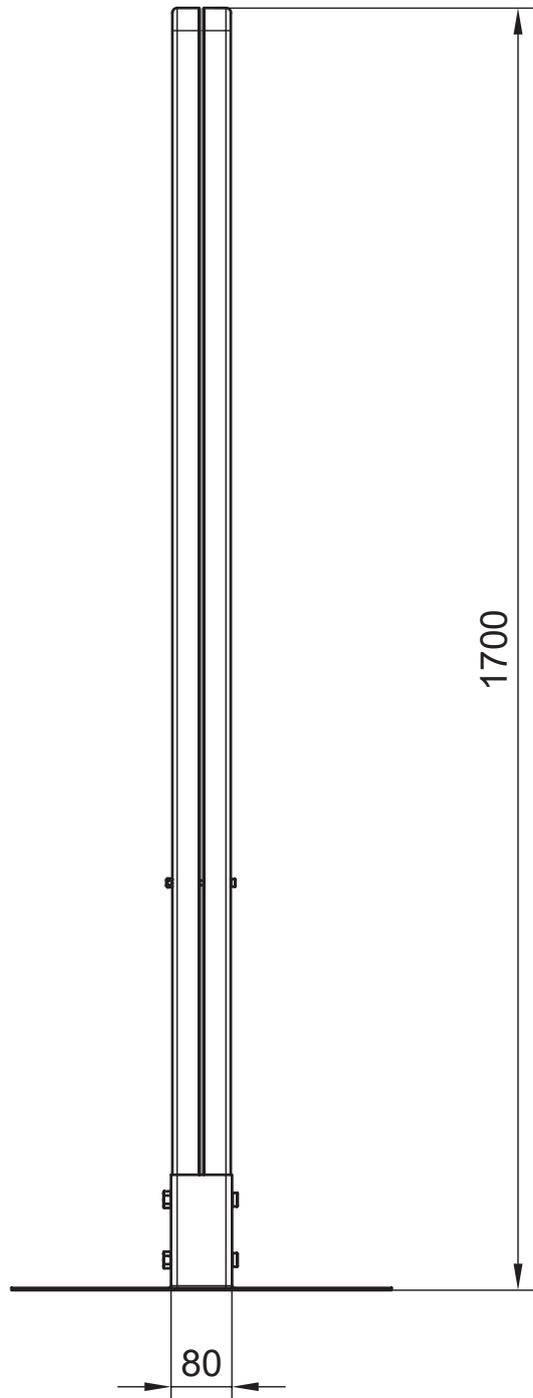
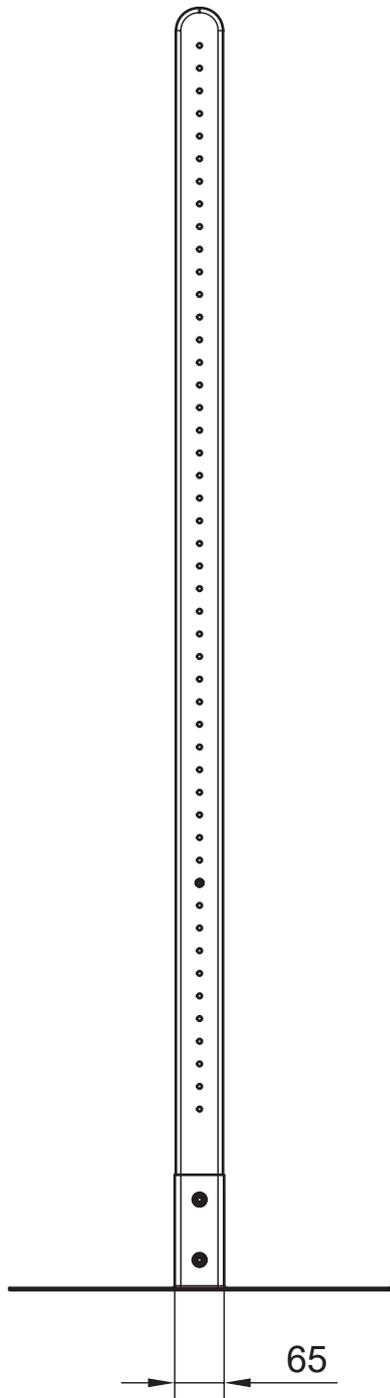
Desenhos técnicos do separador A



Produto: Espaçador A

Escala: 1:10

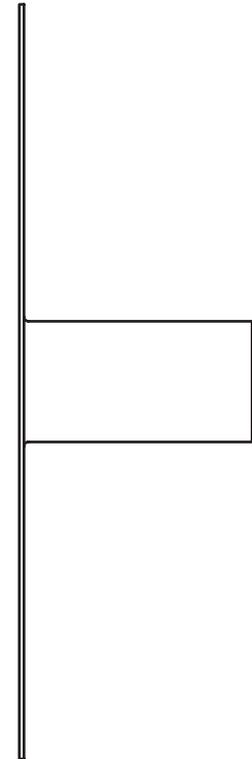
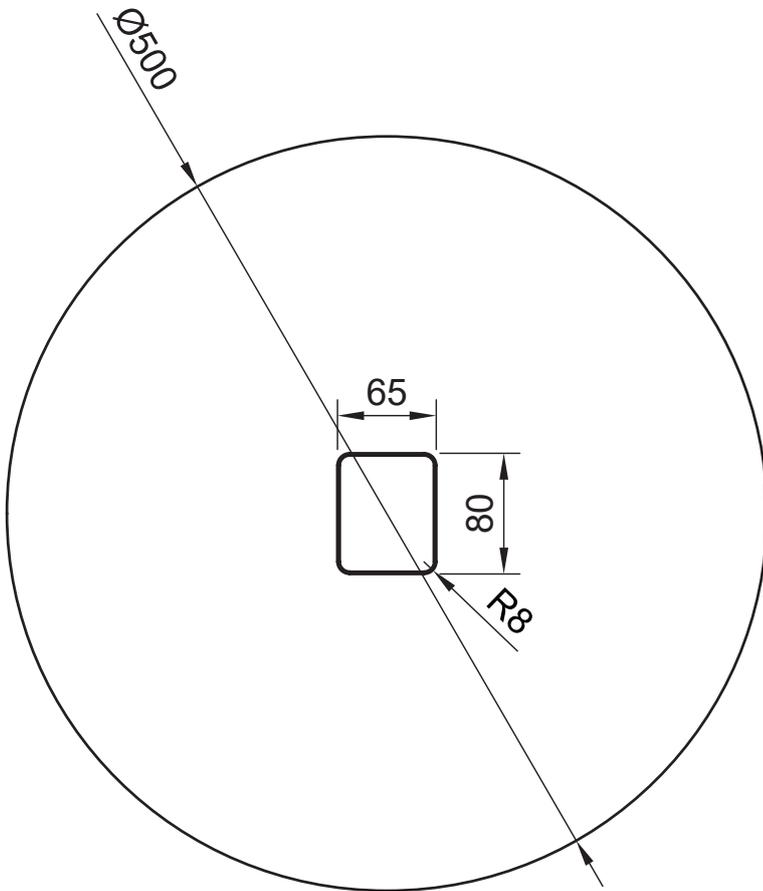
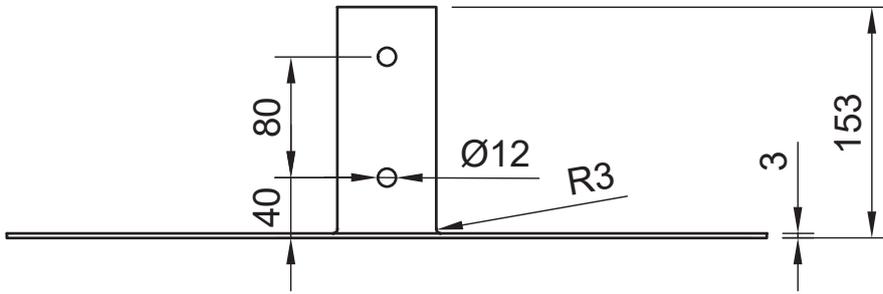
Desenho: Vista explodida



Produto: Espaçador A

Escala: 1:10

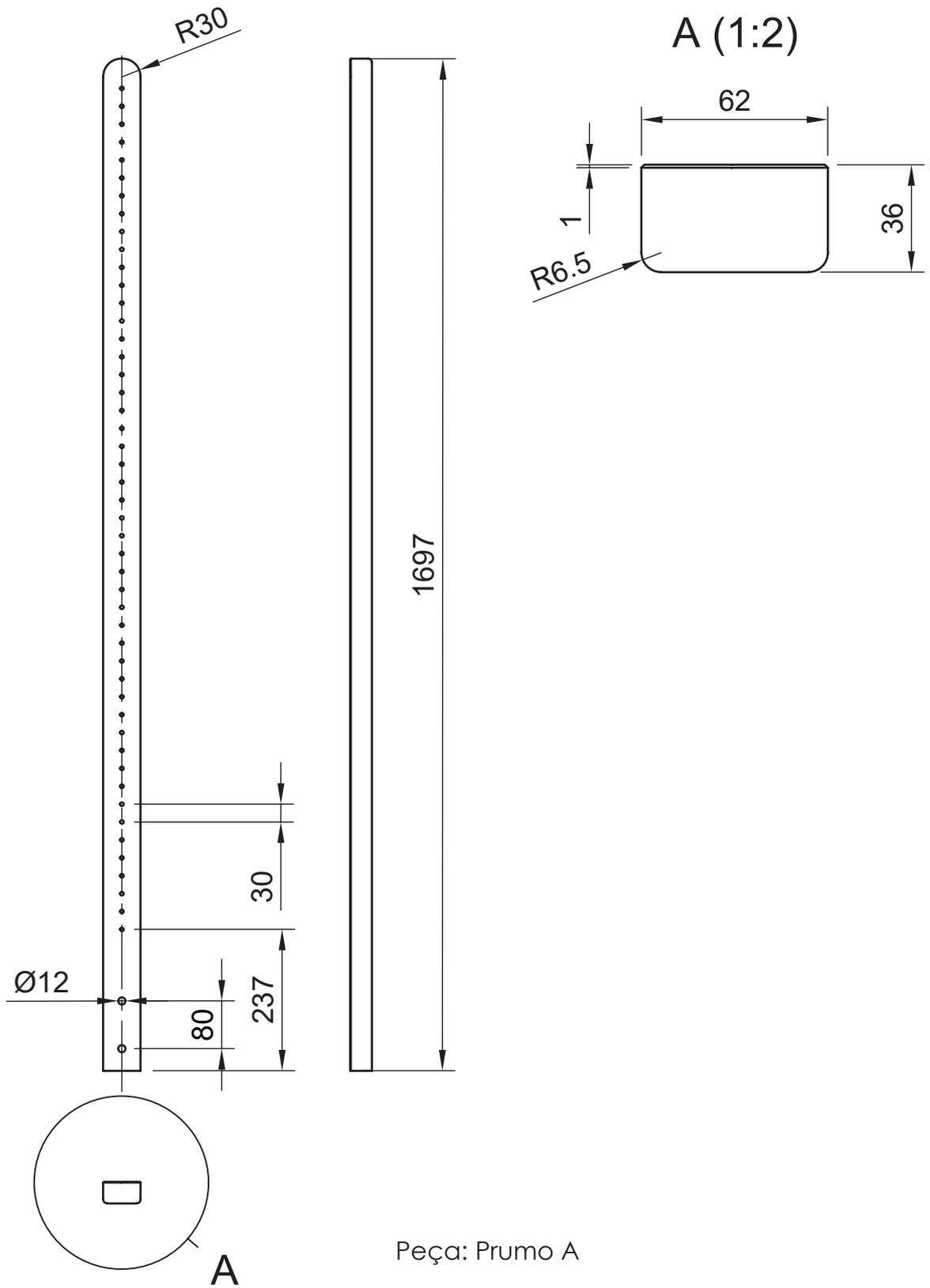
Desenho: Dimensões gerais



Peça: Base A

Escala: 1:5

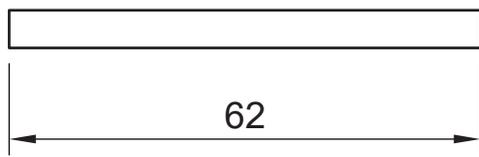
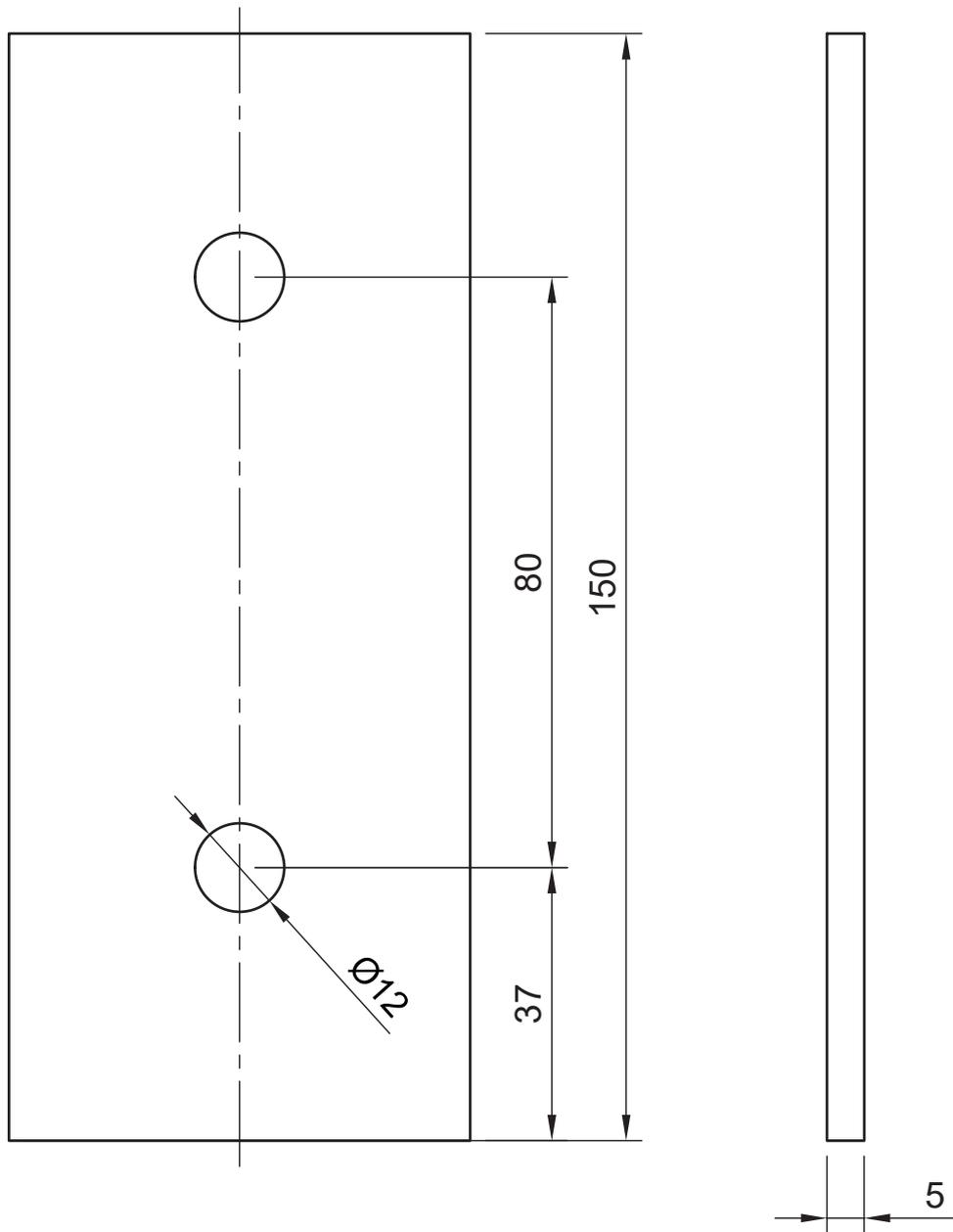
Material: Aço



Peça: Prumo A

Escala: 1:10

Material: Madeira de carvalho



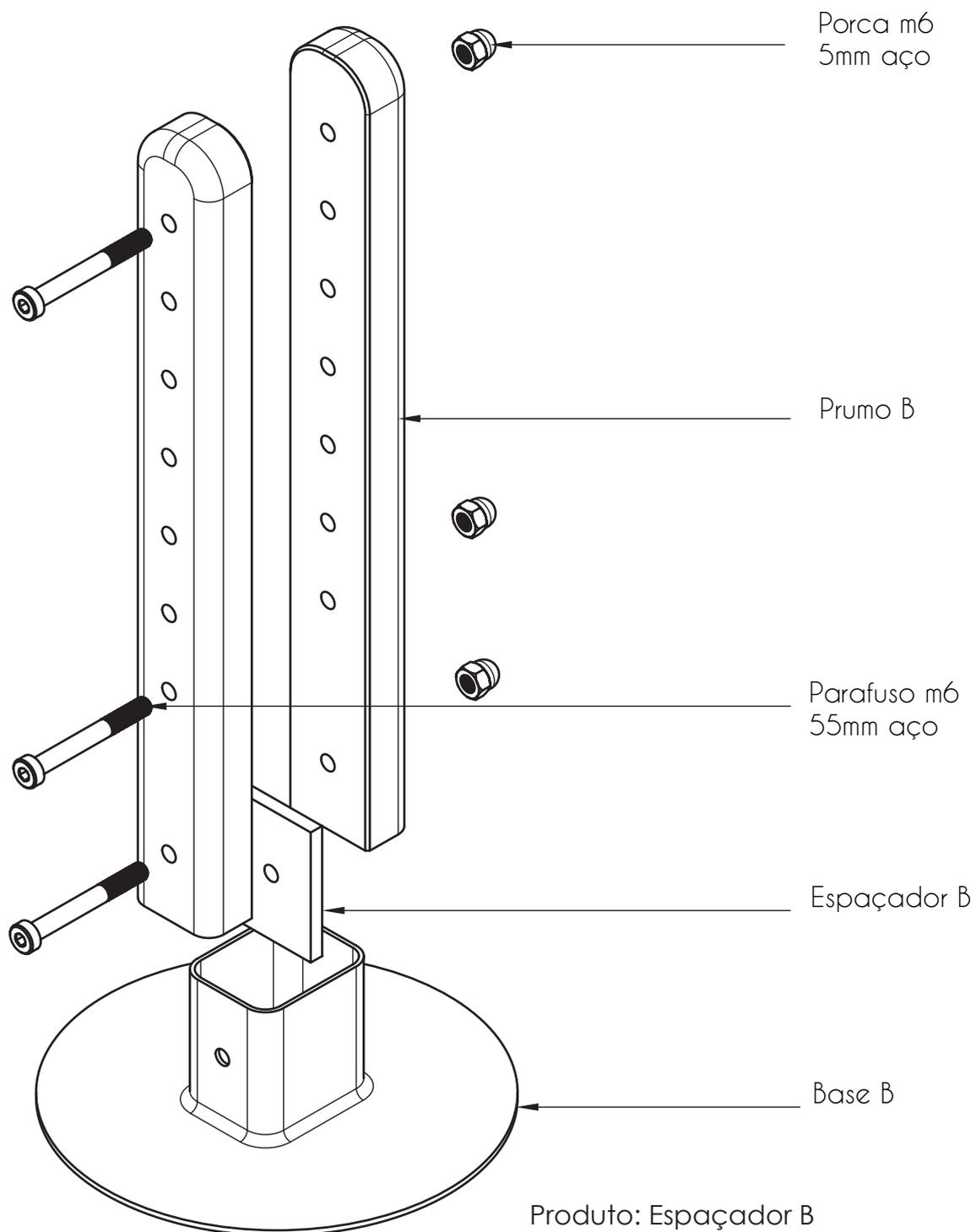
Peça: Espaçador A

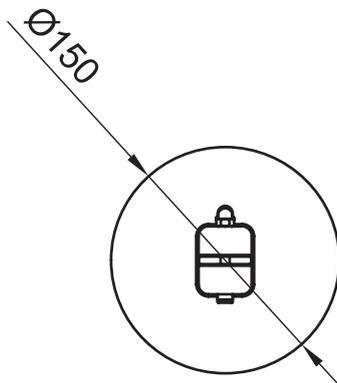
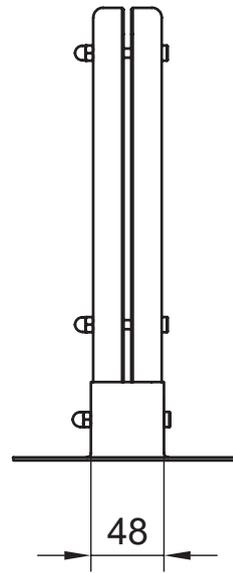
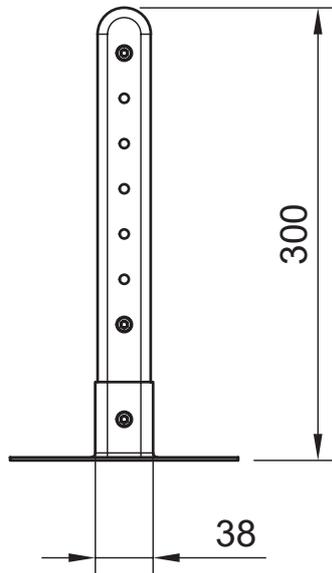
Escala: 1:1

Material: Plásticos mistos

Anexo 8

Desenhos técnicos do separador B

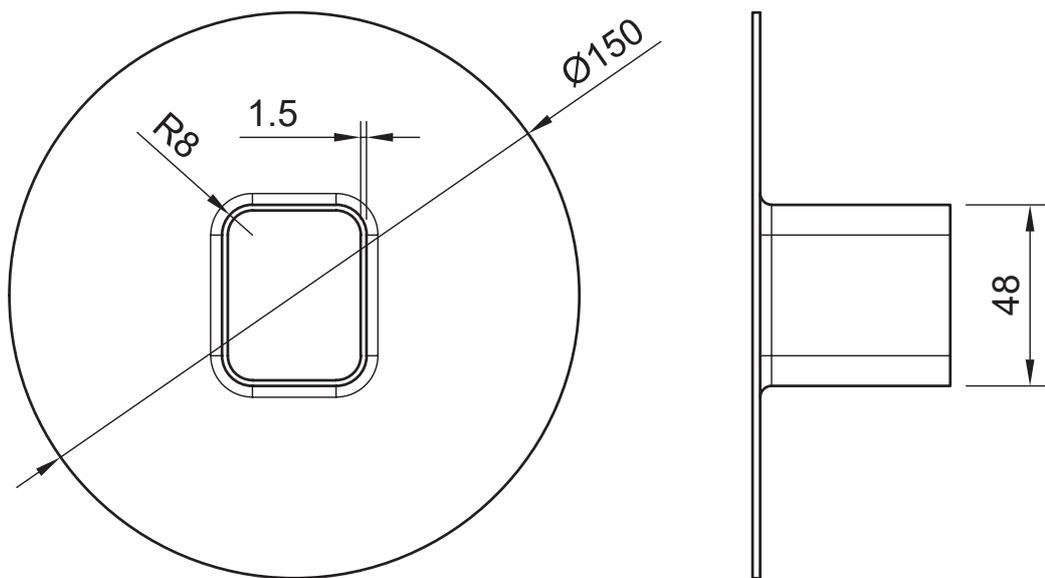
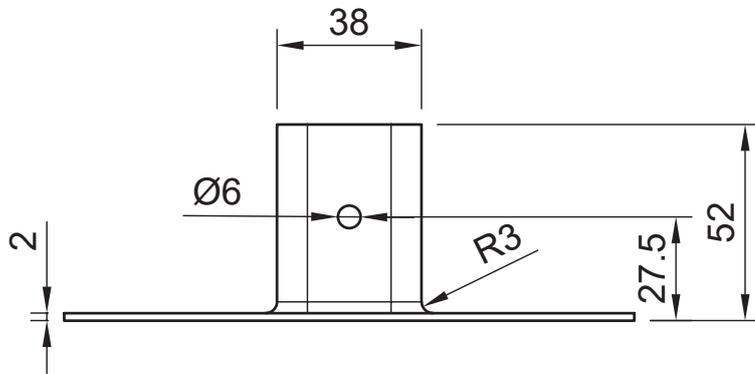




Produto: Espaçador B

Escala: 1:5

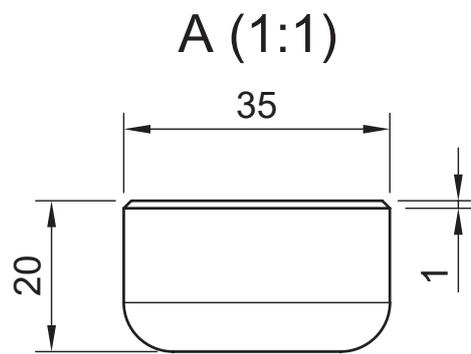
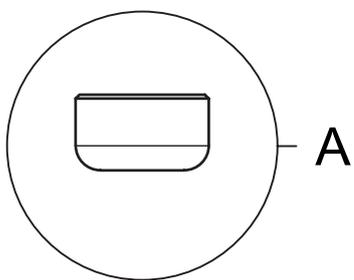
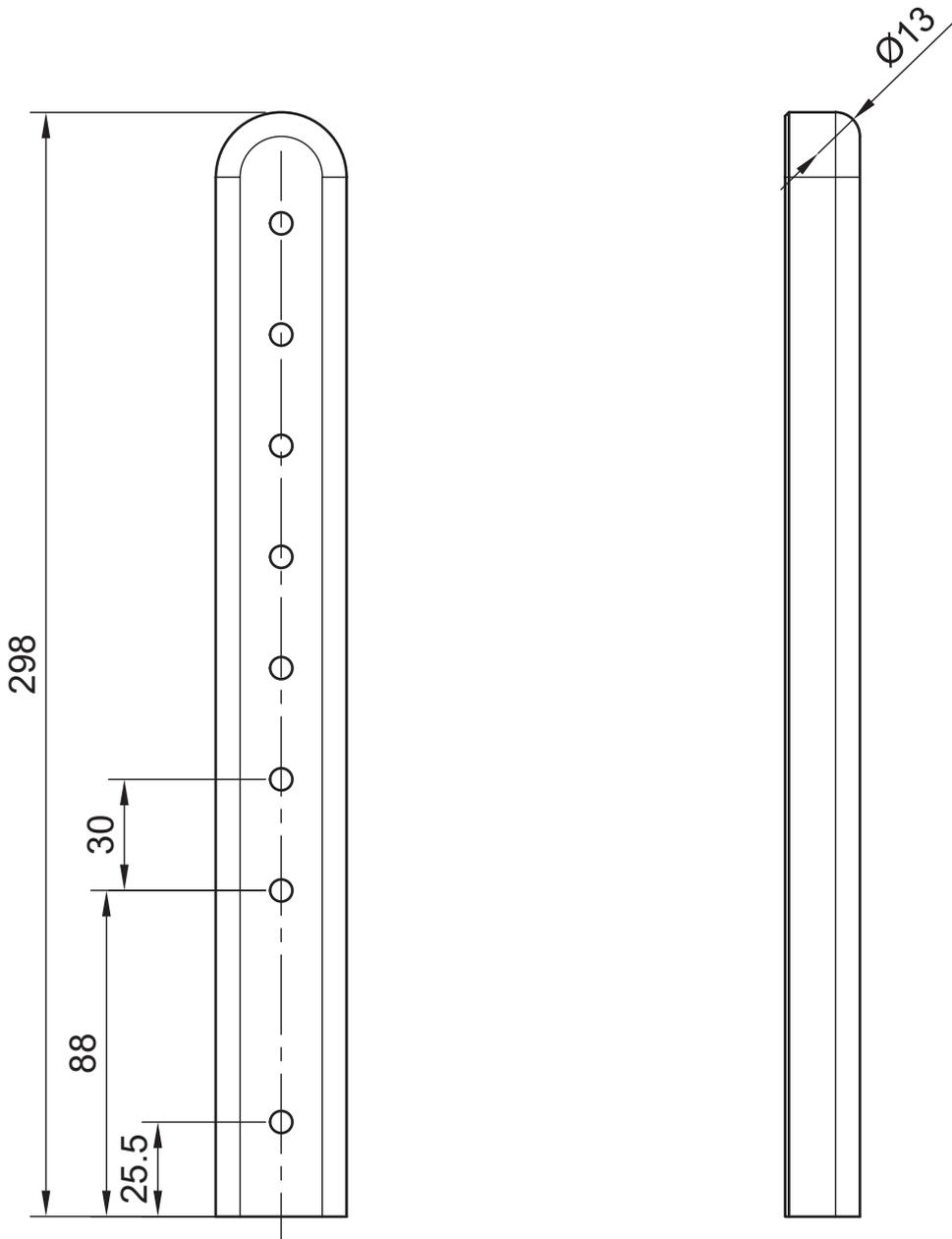
Desenho: Dimensões gerais



Peça: Base B

Escala: 1:2

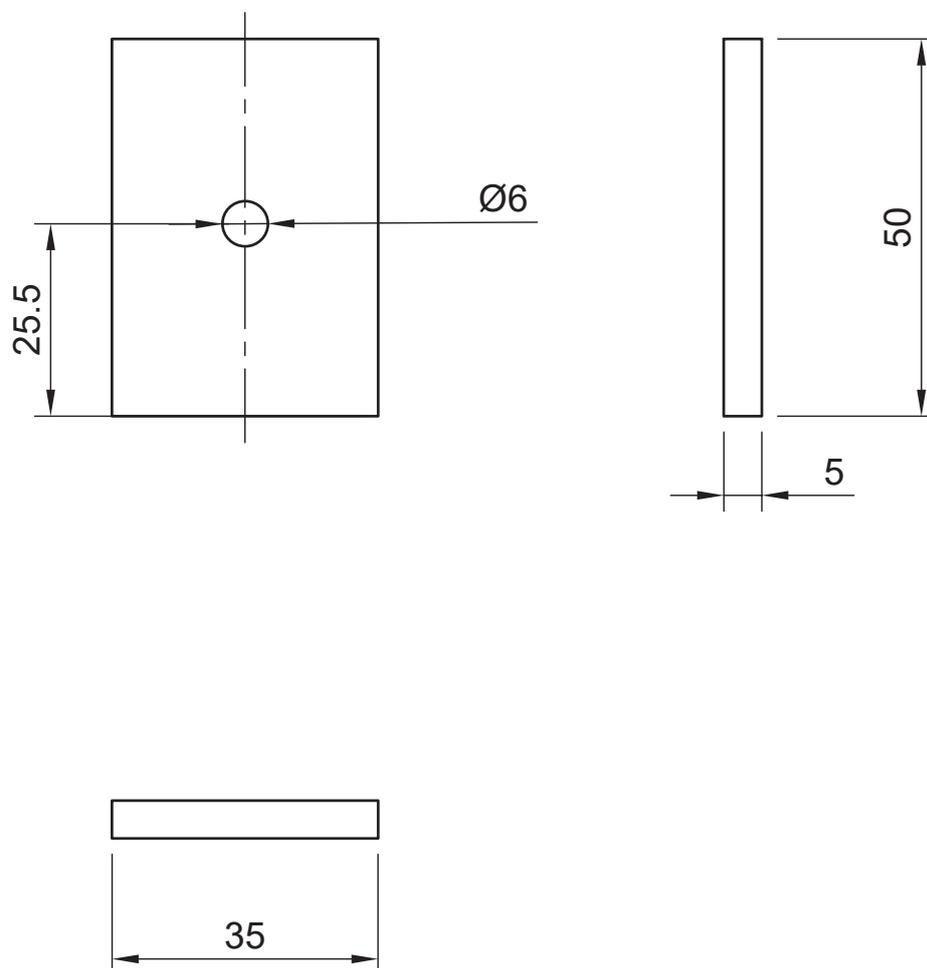
Material: Aço



Peça: Prumo B

Escala: 1:2

Material: Madeira de carvalho



Peça: Espaçador B

Escala: 1:1

Material: Plásticos mistos