

Serrim e Design

Mesa de centro sustentável com reaproveitamento de serrim e ligante natural

Beatriz Marinho Oliveira de Sousa

Dissertação de Mestrado apresentada

à Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto para obtenção de grau de mestre em Design Industrial e de Produto

Orientação de

Prof. Doutor Rui Mendonça

MESTRADO EM DESIGN INDUSTRIAL E DE PRODUTO
UNIVERSIDADE DO PORTO

O JÚRI

PRESIDENTE

Doutor Jorge Lino

PROFESSOR ASSOCIADO DA FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

ORIENTADOR

Doutor Rui Mendonça

PROFESSOR AUXILIAR DA FACULDADE DE BELAS ARTES DA UNIVERSIDADE DO PORTO

ARGUENTE

Doutor João Francisco

PROFESSOR COORDENADOR DO INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO POLITÉCNICO DO PORTO

19

28 OUTUBRO 2022

MESTRE Beatriz Sousa
MDIP/131

RESUMO

Anualmente são geradas enormes quantidades de resíduos provenientes do trabalho das indústrias transformadoras da madeira, tornando-se um problema de gestão ambiental. Com vista à redução do desperdício, as empresas deste setor têm procurado soluções para os resíduos, como a compra de equipamentos que viabilizem essa redução. No entanto, em contacto com as empresas e após uma investigação de dados de entidades competentes, continuam-se a gerar e concentrar desperdícios que, dado o valor da matéria-prima de origem, não são devidamente valorizados por falta de soluções que garantam o “não desperdício”.

Existem algumas soluções de rentabilização dos desperdícios de madeira, como o serrim e lascas de madeira, enquanto material de estudo. Estes são, em parte, encaminhados pela gestão de resíduos para entidades responsáveis que, posteriormente, aproveitam os resíduos para outros fins, como a valorização energética.

Foi realizado um levantamento quantitativo dos desperdícios gerados pelas indústrias da madeira e do mobiliário a nível nacional, estudando os processos de transformação desde a entrada da matéria-prima ao produto final. Junto de duas empresas portuguesas de produção de mobiliário e afins, foi possível acompanhar de perto os processos de produção e realizou-se um levantamento do serrim, gerado nas indústrias, para transformação e rentabilização.

Este estudo levou a uma reflexão sobre a importância do design para um futuro sustentável através da criação de produtos com menor desperdício ou, neste caso, tendo por base materiais reaproveitados. Assim, o design assume um papel determinante na procura de alternativas de reutilização de resíduos.

Neste projeto exploram-se soluções de design de mobiliário sustentável através da transformação dos desperdícios madeireiros na procura de uma nova matéria para aplicação em produtos de design. Inicia-se o projeto com um extenso processo experimental de possíveis ligantes naturais que, dada a escassez de informação sobre a utilização destes materiais como aglutinantes, acabou por se tornar num processo

desafiante e trabalhoso. O conceito traduz-se na aglutinação dos desperdícios de madeira com ligantes naturais desenvolvidos, que resulta numa matéria sustentável.

Finalizou-se esta investigação com a materialização de uma peça de mobiliário - mesa de centro - que visa realçar a beleza do material, o serrim, e tirar partido da sua cor e textura única através da aglutinação por ligantes naturais e sustentáveis.

Palavras-Chave: Design; Serrim; Reciclagem/Sustentabilidade; Inovação; Mesa de Centro.

ABSTRACT

Every year, huge amounts of waste are generated by the wood processing industries, becoming a problem of environmental management. In order to reduce waste, companies in this sector have sought solutions for waste, such as the purchase of equipment that enables this reduction. However, in contact with the companies and after an investigation of data from competent entities, waste continues to be generated and concentrated, which, given the value of the original raw material, is not properly valued due to the lack of solutions that guarantee "no waste".

There are some solutions to monetize wood waste, such as sawdust and wood chips, as study material. These are, in part, sent by waste management to responsible entities that, use the waste for other purposes later, such as energy recovery.

A quantitative survey of the waste generated by the wood and furniture industries at a national level was carried out, studying the transformation processes from the raw material input to the final product. Together with two portuguese companies that produce furniture and related products, the production processes were closely followed, and a survey of the sawdust generated in the industries was carried out for transformation and profitability.

This study led to a reflection on the importance of design for a sustainable future through the creation of products with less waste or, in this case, based on reused materials. Thus, design assumes a determinant role in the search for waste reuse alternatives.

In this project we explore sustainable furniture design solutions through the transformation of wood waste in the search for a new material to be applied in design products. The project begins with an extensive experimental process of possible natural binders that, given the scarcity of information on the use of these materials as binders, presented a challenging and laborious process. The concept is translated into the agglutination of wood waste with developed natural binders that result in a sustainable material.

This research was concluded with the materialization of a piece of furniture - table - that aims to enhance the beauty of the material, sawdust, and take advantage of its unique color and texture through the agglutination by natural and sustainable binders.

Keywords: Design; Sawdust; Recycling/ Sustainability; Innovation; Table.

AGRADECIMENTOS

No decorrer desta longa caminhada tive a sorte de me encontrar com pessoas que, para além do enriquecimento pessoal, contribuíram para o desenvolvimento desta dissertação que, de outra forma, não teria sido possível. Devo dizer que esta etapa da minha vida académica foi um desafio não só académico como pessoal de superação, dedicação e perseverança.

Neste sentido, não podia deixar de expressar os meus agradecimentos a todos os que me ajudaram a chegar à meta.

Gostaria de agradecer ao meu orientador Professor Rui Mendonça pelo acompanhamento e disponibilidade demonstrada desde o início do processo e por todo o apoio e conselhos dados ao longo de todo o desenvolvimento que se revelaram fundamentais para concretização dos objetivos propostos na presente dissertação.

O meu profundo agradecimento aos Técnicos da Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto que, com muita paciência e dedicação, me ajudaram na produção e desenvolvimento do produto apresentado. Em especial, deixo o meu agradecimento ao Técnico Alcides Rodrigues pela partilha de conhecimento e incansável ajuda durante todo o processo de transformação e produção dos objetivos a que me propus.

Agradeço ainda aos meus pais, amigos e colegas que me apoiaram com imenso carinho e paciência durante esta fase da minha vida académica.

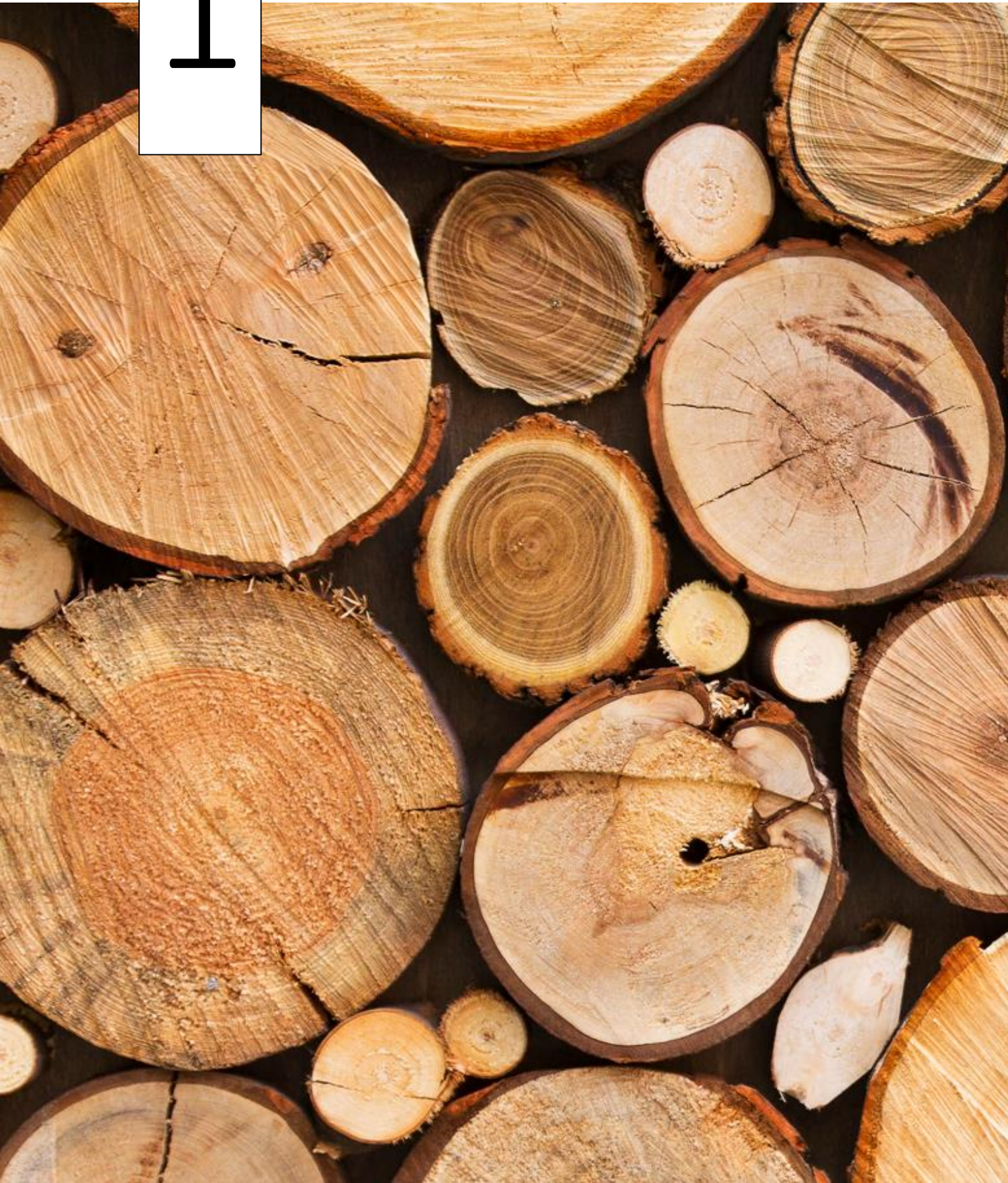
Sem estas pessoas não teria sido possível realizar este projeto de forma tão enriquecedora, como estudante e como pessoa.

A todos, o meu obrigada.

ÍNDICE	
INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento Teórico	4
1.2 Objetivos	8
1.3 Metodologia	9
1.4 Estrutura da Dissertação	10
ESTADO DA ARTE	14
2.1 Desperdícios Madeireiros	16
2.1.1 Madeira e processos industriais de transformação	16
2.1.2 Processos de fabrico na indústria da madeira e desperdícios gerados	17
2.1.3 Análise dos desperdícios provenientes do trabalho em madeira	20
2.2 Projetos de design reaproveitamento dos desperdícios de madeira	26
LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS DESPERDÍCIOS	36
3.1 Sobre as Empresas	38
3.1.1 Fornecimento de matérias-primas	39
3.1.2 Levantamento do desperdício	40
3.1.3 Propriedades sensitivas e estruturais da madeira e do serrim	43
METODOLOGIA DE TRANSFORMAÇÃO	48
4.1 Caracterização dos ligantes e materiais utilizados	50
4.2 Processo experimental	57
Ensaio 1 - Serrim com cola de coelho	79
Ensaio 2 – Serrim com cola de farinha	82
Ensaio 3 – Serrim reciclagem do ensaio 1 com cola de coelho e crê	85
Ensaio 4 – Serrim reciclado do ensaio 3 com cola de coelho e crê	88
Ensaio 5 – Serrim com cola de farinha e crê	93
Ensaio 6 – Serrim com cola de farinha e crê	98

PROPOSTA DE PRODUTO	106
5.1 Desenvolvimento do produto	108
5.2 Constrangimentos dos produtos	108
5.3 Desenvolvimento de conceito	109
5.4 Conceito	113
5.5 Produção	114
5.5.1 Componentes do produto e materiais utilizados	114
5.5.2 Processo de fabrico	114
5.6 Análise de custo	126
PROTÓTIPO FINAL	130
CONSIDERAÇÕES FINAIS	134
7.1 Conclusão	136
7.2 Perspetivas futuras	137
BIBLIOGRAFIA/ WEBGRAFIA	139
Índice de Figuras	141
Índice de Tabelas	151

1





INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento Teórico

Na Europa destacam-se duas grandes rubricas no que diz respeito ao setor da indústria do mobiliário, nomeadamente, indústria de transformação da madeira que engloba a secagem, primeira transformação, semiacabados, embalagens e outros produtos e a indústria do mobiliário em madeira.

A indústria do mobiliário é uma das indústrias transformadoras mais importantes no conjunto dos países da comunidade europeia, segundo documentos da EUROSTAT, *“associando cerca de 97.000 empresas e representando 2,1% (890.000 trabalhadores) do total da sua mão-de-obra industrial. É um sector caracterizado pelo predomínio de pequenas empresas, apesar da tendência crescente de concentração como resposta aos desafios da concorrência mundial.”*(EGP, 2007).

No que diz respeito à produção de mobiliário, os EUA são os maiores fabricantes de mobiliário a nível mundial, enquanto que na Europa é na Itália e na Alemanha que está instalada a maior capacidade produtiva. No entanto, recentemente, Portugal começou a destacar-se como “o melhor dos mais pequenos” segundo o estudo estratégico das indústrias de madeira e mobiliário.

Em muitos dos aspetos industriais, uma empresa portuguesa não é muito diferente de uma empresa de mobiliário europeia. Os fatores mais diferenciadores estão na organização, na profissionalização da gestão, na qualificação da mão-de-obra, na produtividade e na relação com o mercado (EGP, 2007).

Em Portugal, a floresta portuguesa constitui o ponto de partida para 3 grandes grupos de atividades industriais (com exceção da cortiça), nomeadamente, indústria de pasta e do papel, indústria dos painéis/aglomerados e indústria da madeira e do mobiliário.

Em 2016, os setores da madeira, da cortiça e do papel compreendiam 7,6 mil empresas, ou seja, 2% das empresas em Portugal. Em conjunto, agregavam 3% do volume de negócios e do número de pessoas ao serviço das empresas em Portugal.

O segmento da “madeira e mobiliário” agregava a maioria das empresas e das pessoas ao serviço dos setores em análise (57% e 59%, respetivamente) (Portugal, 2018).

A indústria portuguesa de mobiliário de madeira assenta os seus pontos fortes na qualidade de produção, na forte especialização, baixo custo da mão-de-obra e na tradição e no saber trabalhar a madeira, arte essa transmitida de geração em geração (EGP, 2007). Nos últimos anos, as empresas portuguesas deste sector têm evoluído muito, nomeadamente, no que diz respeito ao domínio tecnológico. No entanto, estamos longe de alcançar os níveis de desenvolvimento já atingidos na maioria dos países-membros da União Europeia.

Segundo o estudo estratégico das indústrias de madeira e mobiliário “ no mobiliário as matérias-primas representam uma elevada proporção dos custos de produção, o que implica que o progresso tecnológico assuma grande importância (rentabilização das matérias-primas)”(EGP, 2007).

Qualquer atividade de transformação de madeira exige operações de desveste que geram, conseqüentemente, desperdícios que são desvalorizados e descartados. Tendo em conta o elevado valor da matéria-prima, esse desperdício deveria ser o menor possível, “a melhoria do nível tecnológico industrial é condição essencial para o aproveitamento máximo da matéria-prima e está diretamente relacionada com a conservação dos recursos florestais” (Fontes, 1994).

Em Portugal, verificou-se um aumento de 40% do preço da tonelada de madeira de pinho no último ano e um défice de matéria-prima de 57% do consumo industrial. Segundo a Associação dos Industriais de Madeira e Mobiliário de Portugal (AIMMP), o país não está a reflorestar nem a plantar nova floresta (Publico, 2021).

O presidente da Associação dos Industriais de Madeira e Mobiliário de Portugal (AIMMP) avisa que “a escassez de matéria-prima em Portugal estava a ditar o encerramento de serrações e a gerar uma crescente importação de madeira, sobretudo de pinho, utilizada, entre outros, na fabricação de paletes, embalagens, painéis, soalhos, carpintaria, urnas funerárias e mobiliário” (Publico, 2021).

Por vários anos, a indústria madeireira tem considerado os resíduos como um subproduto problemático do processamento da madeira e procurado desfazer-se dos mesmos, utilizando-os para aterro (entulho, lixo), ou incinerando-os em

queimadores, apenas com a finalidade de desocupar os pátios sem realizar aproveitamento energético. Entretanto, estas soluções têm se convertido, recentemente, em sérios problemas ambientais. Além disso, a questão dos crescentes aumentos nos custos dos consumos energéticos tem levado as indústrias a pensarem nas vantagens do aproveitamento dos resíduos como fonte alternativa de combustível ou utilizá-los como matéria-prima para outros produtos, quais sejam a produção de celulose e ou de chapas de composição (Fontes, 1994).

Em Portugal, a percentagem de deposição em aterro subiu de pouco mais de 50% para 65,5%, entre 1995 e 2008. De acordo com a legislação europeia sobre a gestão dos resíduos em 2011, até 2020 seria necessário reciclar 50% dos resíduos urbanos e 70% dos resíduos de construção e demolição. (Publico, 2011).

Portugal não alcançou, em 2020, a meta estabelecida no Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos, com uma taxa de reciclagem de apenas 38%.

Na meta nacional de deposição de resíduos urbanos biodegradáveis em aterro devia ter existido uma redução para 35% face a números de 1995. Isso equivalia a depositar em aterro no máximo 788.452 toneladas, no entanto, foram depositadas 1.187.426 toneladas (Publico, 2021).

Em 1980 foi publicado no WORLD CONSERVATION STRATEGY: living resource conservation for sustainable development o primeiro documento internacional sobre conservação de recursos vivos, onde rompeu a designação “desenvolvimento sustentável” (IUCN, 1980). Nas sequências deste, em 1987, no relatório Brundtland da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, definiu-se “desenvolvimento sustentável” como sendo um desenvolvimento que atende às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras atender às suas próprias necessidades.

Desenvolvimento sustentável é um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do

desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações humanas (Brundtland, 1991).

Bakker refere, em 1995, na sua tese de doutoramento sobre informação ambiental para os designers industriais, que se não alterarmos e reduzirmos radicalmente o impacto que a atividade humana provoca no ambiente, iremos enfrentar uma grande diminuição na qualidade ambiental, o que resultará em efeitos adversos na saúde humana e prejuízo das funções económicas do ambiente (Bakker, 1995).

Buckminster Fuller e Victor Papanek, pioneiros do design ambientalmente consciente, viam o design como uma das profissões que mais potencial tinha para prejudicar tanto o ambiente natural como o ambiente humano. Papanek refere no seu livro, *Design for the Real World*, de 1971, que “existem profissões mais prejudiciais que a de designer industrial, mas poucas” (Papanek, 1971).

Victor Papanek, em 1995, publica “*The Green Imperative- Ecology and Ethics in Design and Architecture*”, um livro que leva o designer a questionar-se sobre qual o impacto ambiental e social do seu trabalho e aponta para o facto de o futuro do planeta estar comprometido, defendendo que “A ECOLOGIA e o equilíbrio ambiental são os esteios básicos de toda a vida humana na Terra; não pode haver vida nem cultura humana sem ela.” (Papanek, 1995).

O design preocupa-se com o desenvolvimento de produtos, utensílios, máquinas, artefactos e outros dispositivos, e esta atividade exerce uma influência profunda e direta sobre a ecologia. A resposta do design deve ser positiva e unificadora, deve ser a ponte entre as necessidades humanas, a cultura e a ecologia (Papanek, 1995).

Nos países tecnologicamente desenvolvidos são descartadas toneladas de lixo que, além de constituírem uma ameaça para o meio ambiente, são também um enorme desperdício de matéria-prima que poderia ser reciclada. Os países do Terceiro Mundo tomaram, segundo Papanek, a dianteira no que diz respeito à reciclagem. Dada a escassez de material, a reciclagem tornou-se um modo de vida nesses países.

Relativamente à indústria de madeira, Papanek refere ainda que “A preocupação com a ecologia aponta desde já para uma nova orientação do design, ou seja, o aproveitamento das aparas do fabrico, que são normalmente desperdiçadas” (Papanek, 1995).

Tal como a maioria dos sectores da indústria transformadora, o sector do mobiliário esforça-se por otimizar a utilização dos seus recursos, o que significa que a produção de desperdícios e resíduos é também minimizada. No entanto, olhando para os dados levantados e tomada a consciência das enormes quantidades de resíduo de que a indústria de transformadora de madeira é responsável, é inevitável pensar que deveria ser possível fazer melhor. Assim, surge a vontade de rentabilizar estes desperdícios.

A presente dissertação surge como forma de combater a problemática ambiental e, tomando como aliados o design e a sustentabilidade, rentabilizar os desperdícios madeireiros gerados pelas indústrias transformadoras.

O objetivo é transformar os desperdícios madeireiros, neste caso o serrim e pó de serrim, com o intuito de desenvolver um material inovador, sustentável e economicamente viável que possa ser adotado pelo design e aplicado. As soluções validadas passam pela aglutinação total dos resíduos através de ligantes naturais.

Durante o processo experimental são explorados inúmeros ligantes e junções que visão garantir a aglomeração total de forma estável, coesa e resistente. Este processo experimental, dada a especificidade dos ligantes utilizados para aglutinação do serrim, torna-se extenso e trabalhoso.

Ao contrário dos ligantes sintéticos, produzidos industrialmente para responder um determinado fim de utilização, a utilização de ligantes naturais não carregam essa certeza de resultados, o que requer uma experimentação exaustiva e análise dos possíveis resultados.

1.2 Objetivos

Dada a quantidade de resíduos madeireiros produzidos e tendo em conta o valor da matéria-prima em bruto, o objetivo desta dissertação é valorizar o desperdício

madeireiro e encontrar soluções alternativas e sustentáveis através de uma nova matéria a ser adotada pelo design.

Para responder ao objetivo proposto pretende-se o cumprimento das seguintes tarefas essenciais para o processo de validação de todo o trabalho:

- Identificar exemplos, na área do design, de aplicações dos desperdícios e matéria-prima em estudo;
- Analisar o processo industrial de transformação dos desperdícios madeireiros e as suas características;
- Método de transformação: caracterização do trabalho experimental e análise dos resultados;
- Aplicação da solução encontrada através da criação de produto.

1.3 Metodologia

A metodologia adotada na presente dissertação teve como base: investigação; estado da arte; levantamento e análise de desperdício; processo experimental; produto final; bibliografia.

Iniciou-se este projeto de investigação com a estruturação do problema, elaboração de um plano de investigação, definição do tema a trabalhar, objetivos e a presente definição da metodologia de trabalho.

Realizou-se uma análise geral da quantidade de desperdícios gerados pelas indústrias da madeira e do mobiliário a nível nacional e os processos de transformação da madeira. Junto de duas empresas referentes ao setor madeireiro de produção de mobiliário em madeira, a Carpintaria Carpiguima e a JOM INDÚSTRIA, foi possível acompanhar o processo de produção e realizar a recolha de serrim para desenvolvimento do seguinte processo experimental.

Realizado o levantamento da matéria-prima, segue-se a fase experimental, dando início aos métodos de transformação entre os ligantes selecionados e os desperdícios

recolhidos, com intuito de testar e analisar a viabilidade de aplicação dos resultados obtidos em produtos que pudessem ser produzidos com as soluções encontradas.

Ao longo do processo experimental e produtivo recorreu-se várias vezes aos equipamentos e conhecimento técnico dos técnicos das oficinas da Faculdade de Belas Artes do Porto, para se realizar diferentes experiências de aglomerados de serrim com os vários ligantes mais à frente descritos. Nesta fase do processo experimental e exploração dos ligantes a utilizar, o trabalho nas oficinas foi árduo.

Dada a falta de documentos e fichas técnicas que explorem a capacidade dos ligantes naturais, testados na presente dissertação, foi necessário testar e perceber os materiais a cada experimento, afinar quantidades e junções com base na observação dos resultados obtidos a cada ensaio. Sustentou-se algumas experiências e utilização de alguns materiais com base em livros e receitas antigas de colas naturais, utilizadas antes das colas sintéticas ganharem as suas importâncias.

Tendo em conta as soluções obtidas e as suas características, realizou-se a seleção do conceito e, de seguida, a produção do produto para validação da solução obtida e do mesmo.

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação é estruturada em sete capítulos.

O primeiro capítulo integra a introdução geral que enquadra teoricamente o tema abordado na dissertação, objetivos propostos a desenvolver, metodologia e estrutura adotada.

No segundo capítulo, estado da arte, abrange a revisão da literatura, que diz respeito à problemática dos desperdícios madeireiros gerados industrialmente consequentes dos processos de transformação e de trabalho com a madeira e denominação dos desperdícios. Também neste capítulo é realizado o levantamento e análise de produtos de design produzidos através da reutilização de desperdícios madeireiros. A análise dos diferentes casos de aplicação foram fundamentais para a presente investigação,

levantando questões sobre os objetivos do próprio trabalho e desenvolvimento de conhecimento na área de estudo: desenvolver um produto de design através da reutilização de desperdícios madeireiros.

O terceiro capítulo aborda o estudo e levantamento realizado junto de duas empresas do ramo da produção de mobiliário em madeira: a Carpintaria Carpiguima e a JOM Indústria. Abordou-se o conceito empresarial de cada empresa tal como as matérias-primas utilizadas e respetivos métodos de produção e tecnologias, entre outras informações. Em cada empresa obteve-se informações sobre o modo e a quantidade de desperdício gerados durante os processos de produção.

No quarto capítulo avança-se para o processo experimental. Grande parte do processo de transformação foi realizado nas instalações da Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto, no departamento de modelação e moldagem, onde foi possível contar com o apoio e acompanhamento do técnico Alcides Rodrigues, que se mostrou incansável e sempre disponível para ajudar e orientar. Nesta fase caracterizam-se os ligantes utilizados na possível aglomeração do desperdício em estudo. De seguida, procede-se aos primeiros ensaios que visam restringir os ligantes que seguem para os próximos ensaios, devidamente descritos, até se chegar à receita de aglutinação apresentada como final para produção. No final de cada ensaio experimental é apresentada uma análise dos resultados obtidos.

A proposta de produto final é apresentada no quinto capítulo. É apresentado o conceito desenvolvido – mesa de centro sustentável – validando a solução encontrada. Desenvolveu-se as várias fases de produção do produto, descrevendo-se detalhadamente os materiais utilizados, o modo de utilização e todo o processo de fabrico.

No sexto capítulo é apresentado o produto final, produzido através de uma solução sustentável – a mesa de centro.

As considerações finais sobre o resultado obtido na dissertação apresentada são expostas no sétimo capítulo juntamente com as perspetivas futuras.

2





ESTADO DA ARTE

No estado da arte procura-se reunir toda a informação necessária para o estudo da matéria-prima em questão, o desperdício madeireiro. É realizado um levantamento dos processos industriais de transformação e fabrico, analisando-se os desperdícios provenientes em cada processo. Também é realizado um levantamento na área do design sobre o reaproveitamento dos desperdícios madeireiros, neste caso do serrim e do pó de serrim, e as suas aplicações em soluções de design.

2.1 Desperdícios Madeireiros

Nesta etapa estuda-se as características da madeira e dos processos industriais de transformação a que esta é sujeita, de forma a compreender a origem dos desperdícios madeireiros. Neste levantamento compreende-se o percurso da matéria-prima até se tornar resíduo.

2.1.1 Madeira e processos industriais de transformação

De modo geral, entende-se a madeira como um material lenho-celulósico, celular, anisotrópico, higroscópico, viscoelástico e biodegradável, sendo estas características determinantes no seu comportamento em todas as circunstâncias (Carvalho, 1996).

Além das características anatómicas existem ainda as características sensoriais da madeira que englobam a cor, brilho, odor, grã, textura, densidade, dureza e nervuras (Zenid, 2009).

A floresta é considerada o ponto de extração de madeira em toros essencialmente a partir do tronco, sendo que os ramos, por exemplo, não são aproveitados dada a sua estrutura, apresentando deformações e tensões. Segundo Mark Ramuz “há muitas formas tradicionais de converter a madeira: o toro pode ser cortado a direito para criar uma pilha de pranchas, ou cortado de forma radial, em quadrantes, e por ai fora” (Ramuz, 2002). Provenientes do abate de árvores, as madeiras ainda podem ser caracterizadas como macias ou duras, que são termos referentes às características botânicas da árvore.

A árvore encontra-se impregnada de água e seiva na sua raiz, causando uma percentagem de humidade superior à do ar, exigindo um processo de secagem após o

processo de conversão da madeira. No processo de secagem é possível retirar grande quantidade de humidade da madeira, até que seja equivalente à humidade do meio ambiente. No entanto, Mark Ramuz defende que “para madeira a usar no exterior, é aceitável uma humidade de aproximadamente 16%. No entanto, se for para uso interno deve ser mais reduzida, até cerca de 8% (ou menos em alguns casos)” (Ramuz, 2002).

A madeira, atualmente, é vendida após um cuidadoso e moderno método de secagem. No caso das grandes empresas são utilizados sistemas de secagem artificial com um tratamento especializado para cada espécie.

2.1.2 Processos de fabrico na indústria da madeira e desperdícios gerados

O Sector da Madeira e Mobiliário divide-se em dois subsectores: a Indústria da Madeira, que engloba as atividades económicas da serração de madeira, impregnação de madeira, fabricação de painéis de partículas de madeira, fabricação de painéis de fibras de madeira, fabricação de folheados, contraplacados e outros Painéis, parquetaria, carpintaria, fabricação de embalagens de madeira, fabricação de caixões mortuários em madeira, fabricação de outras obras de madeira; e a Indústria da Fabricação de Mobiliário que engloba a fabricação de cadeiras e assentos, fabricação de mobiliário para escritório e comércio, fabricação de mobiliário para cozinha, fabricação de mobiliário de madeira para outros fins (INETI, 2000).

Os processos de fabricos relativos aos sectores da indústria da madeira e do mobiliário compreendem uma série de operações mediante o subsector. Relativamente aos processos de fabrico dos subsectores de Carpintaria e de fabrico de mobiliário de madeira, setor em análise, podemos perceber as seguintes operações presentes no seguinte gráfico, onde estão identificadas as matérias-primas utilizadas em cada processo de transformação e conseqüente resíduo gerado (INETI, 2000).

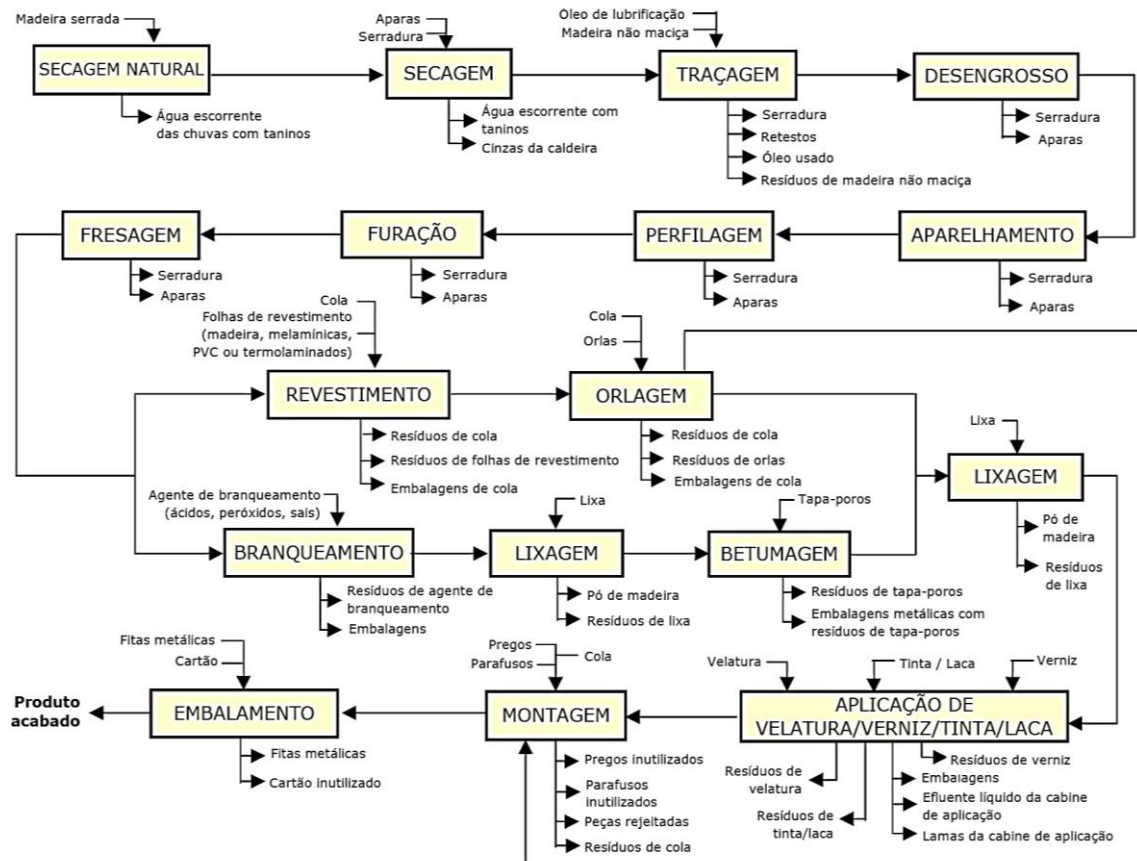


Figura 1- Diagrama do processo de fabrico típico dos subsectores de Carpintaria e de Fabrico de Mobiliário de Madeira (INETI, 2000).

Para se perceber melhor o processo de transformação e consequente geração de resíduo, são brevemente descritas cada operação e respetiva percentagem de desperdício madeireiro proveniente.

Secagem natural – secagem efetuada por exposição da matéria-prima ao ar livre (não são gerados resíduos madeireiros);

Secagem (artificial) – secagem efetuada em compartimentos fechados e aplicação de temperatura, humidade e ventilação controladas (não são gerados resíduos madeireiros);

Traçagem – operação onde ocorre a serragem transversal das peças para se obter comprimentos específicos (são gerados 20% dos resíduos madeireiros, nomeadamente, serradura e resíduos de madeira não maciça);

Desengrosso – operação de desbaste de uma face para diminuir a espessura (são gerados 13,50% dos resíduos de madeira, nomeadamente, serradura e aparas);

Aparelhamento – operação em que as faces e cantos de uma peça de madeira são alisadas à plaina (são gerados 13,50% dos resíduos de madeira, nomeadamente, serradura e aparas);

Perfilagem: operação que permite obter peças com perfis bem determinados ao longo dos cantos e/ou topos (são gerados 13,50% dos resíduos de madeira, nomeadamente, serradura e aparas);

Furação: operação de perfuração das peças de madeira, de modo a possibilitar a montagem dos diversos componentes (são gerados 13,50% dos resíduos de madeira, nomeadamente, serradura e aparas);

Fresagem: operação em que são produzidos à superfície, ou nos cantos, determinados perfis com contornos definidos (são gerados 13,50% dos resíduos de madeira, nomeadamente, serradura e aparas);

Revestimento: operação em que as faces das peças de madeira são revestidas com folhas de madeira, folhas de papel, PVC, folhas melamínicas, termolaminados, etc (não são gerados resíduos madeireiros);

Branqueamento: utilização de agentes de branqueamento (ácidos, peróxidos ou sais) para conferir à madeira tonalidades de cor mais claras do que as originais (não são gerados resíduos madeireiros);

Orlagem: operação em que os topos dos painéis de fibras e de partículas de madeira de outros elementos de madeira são revestidos com folhas de PVC, folhas melamínicas, termolaminados, régua de madeira, etc (não são gerados resíduos madeireiros);

Lixagem: operação de desbaste ou polimento com lixas das superfícies, para regularização das superfícies e obtenção da espessura pretendida (são gerados 6,26% dos resíduos de madeira, nomeadamente, serrim e pó de serrim);

Betumagem: operação de aplicação de tapa-poros para corrigir eventuais defeitos da madeira e uniformizar a sua superfície (não são gerados resíduos madeireiros);

Aplicação de velaturas: operação de aplicação por imersão, ou por pulverização ou com pincel, de corantes de base solvente ou aquosa, para conferir determinadas colorações (não são gerados resíduos madeireiros);

Montagem (Mobiliário e Carpintaria): operação de junção dos diversos componentes de determinada peça, recorrendo à utilização de pregos, parafusos, colas, rebites e outros acessórios (não são gerados resíduos madeireiros);

Embalamento: operação de condicionamento das peças de modo a assegurar o transporte das mesmas em boas condições (não são gerados resíduos madeireiros) (INETI, 2000).

A Indústria da Madeira e do Mobiliário gera anualmente uma grande quantidade de resíduos de madeira sob diferentes formas durante os processos de transformação. No entanto, com a evolução do setor algumas empresas, nomeadamente de media e grande dimensão, têm vindo a modernizar-se tecnologicamente na área do corte e otimização de placas, máquinas de furação e fresagem e máquinas com controlo numérico, assim como outros equipamentos.

Desta forma as empresas potenciam uma melhor rentabilização da matéria-prima gerando menor quantidade de resíduos nos processos de transformação (EGP, 2007).

2.1.3 Análise dos desperdícios provenientes do trabalho em madeira

Uma grande parte dos resíduos gerados pela Indústria da madeira, são valorizáveis em variadas utilizações: para fins energéticos, subproduto para a indústria de aglomerados e contraplacados, na agricultura por compostagem, entre outros. No entanto, nos subsectores do Mobiliário, da Carpintaria, dos Painéis e da Preservação, existem dificuldades no que diz respeito ao destino final dos resíduos provenientes. Estas dificuldades traduzem-se ao nível de um sistema de gestão dos resíduos industriais que, em muitos casos, não responde eficazmente às necessidades da indústria neste campo.

Muitas vezes estes resíduos são encaminhados para as lixeiras e/ou para aterros sanitários pelas próprias indústrias (INETI, 2000).

Segundo a Associação Empresarial de Portugal (2011), os resíduos resultantes de madeira tratada ou aglomerados de madeira contêm substâncias perigosas e devem ser tratados como resíduos perigosos para o meio ambiente. No caso destes resíduos de madeira não serem eliminados adequadamente podem causar sérios danos ao ecossistema. O armazenamento deste tipo de resíduos perigosos não protegido das intemperais ou a deposição em aterro não controlada, pode produzir lixiviados muito tóxicos, contaminando águas subterrâneas e superficiais.

Já os resíduos de madeira não tratada não são considerados perigosos para o meio ambiente devido as suas características naturais. No entanto, se estes não forem eliminados adequadamente podem causar alguns problemas como a danificação de solos, provocando a proliferação de pragas e doenças em florestas, evitando a regeneração natural e, como maior problema, o risco de incêndio que representam (AEP, 2011).

O setor industrial madeireiro já apresenta algumas técnicas e equipamentos para combater a produção de resíduos e aumentar a rentabilização da matéria-prima. Mas a indústria madeireira, em específico, os setores do Mobiliário, da Carpintaria e dos Painéis, continuam a gerar quantidades significativas de resíduo (INETI, 2000).

É da responsabilidade dos produtores e detentores de resíduos madeireiros de transferi-los para uma entidade responsável que excute a operação de recolha ou tratamento dos resíduos ou transferir os resíduos para uma entidade competente responsável por sistemas de gestão de fluxos específicos de resíduos (AEP, 2011).

Além das técnicas de prevenção de produção de resíduos estudadas pelas indústrias, existem outras alternativas de gestão residual, nomeadamente, a reutilização, a reciclagem, valorização (como combustível) e por fim eliminação, como podemos observar na figura, por ordem de preferência de solução.



Figura 2 Opções de gestão residual (AEP, 2011)

Estima-se que, no sector da Madeira e do Mobiliário, os consumos de matéria-prima tenham sido processados, em 1998, nas seguintes quantidades pelos setores:

Subsetores	Consumos de matéria-prima (m3/ano)	Estimativa do rendimento médio de utilização da matéria-prima (%)
Serração	2 941 176 (*)	40
Impregnação	14 615	88
Painéis e folheados	1 960 784 (**)	92
Parquetaria	216 667	32
Carpintaria	871 765	65,5
Mobiliário	492 533	60,5

Tabela 1 Consumo de matéria-prima no setor da madeira e do mobiliário em 1998 (INETI, 2000)

(*): matéria-prima sem casca.

(**): Inclui os subprodutos do subsector da Serração (cerca de 1 137 255 m3), os desperdícios/resíduos para reciclagem (cerca de 196 078 m3) e madeira nova sem casca (cerca de 627 451 m3).

Os resíduos da madeira, nomeadamente, o serrim, serradura, aparas e fitas de madeira que sejam resultantes da serração da madeira ainda não submetida a primeira utilização e estejam isentos de qualquer contaminação, como é o caso dos desperdícios gerados pelo subsector da Serração, podem ser considerados como subprodutos para o subsector dos Painéis e Folheados (INETI, 2000).

Assim, para o cálculo da quantidade de resíduos de madeira gerados no subsector da serração, considerou-se que grande parte dos desperdícios de madeira do subsector são na realidade subprodutos, como se pode constatar na figura que se segue:

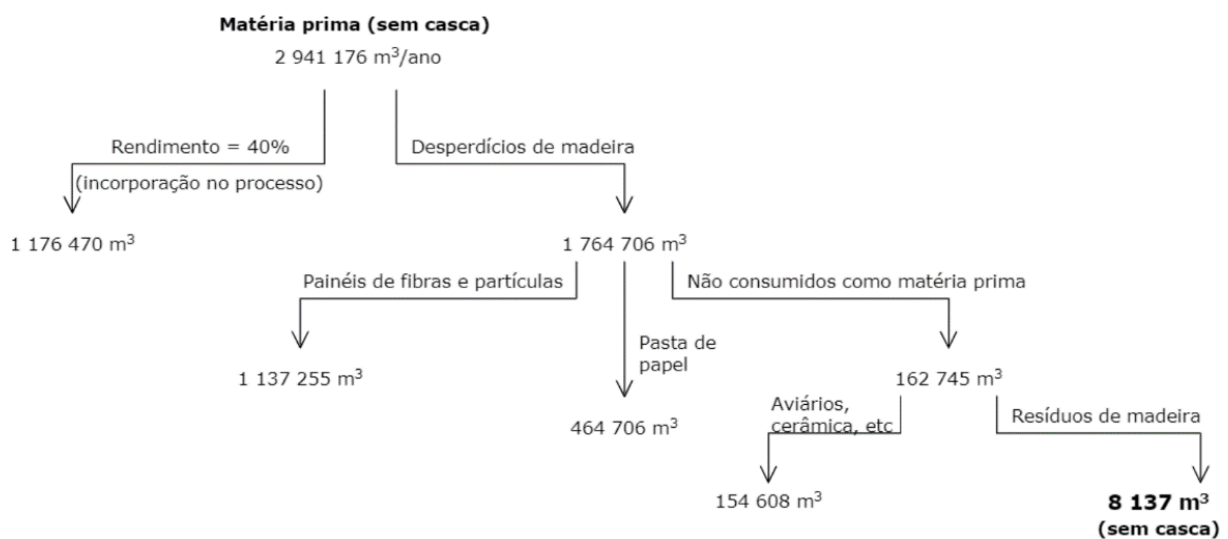


Figura 3 Estimativa da quantidade de subprodutos e de resíduos de madeira (sem casca) gerados no subsector da Serração (1998), (INETI, 2000).

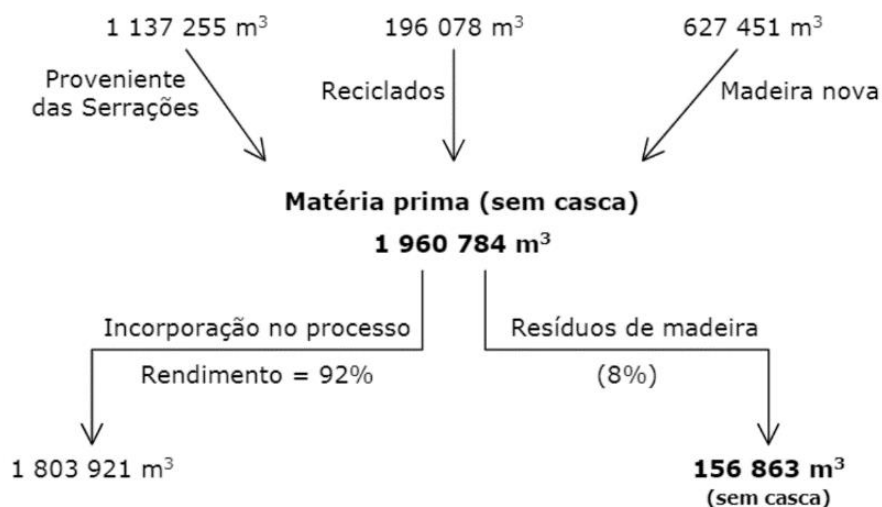


Figura 4 Estimativa da quantidade de resíduos de madeira (sem casca) gerados no subsector dos Painéis de Partículas e de Fibras (1998), (INETI, 2000).

Como exemplo desse processo reciclagem e aproveitamento, nos países desenvolvidos, os resíduos madeiros são utilizados para a produção de produtos derivados de madeira, como é o caso dos aglomerados (de partículas, de fibras (MDF e HDF), contraplacados, laminados e outros painéis folheados), pellets, briquettes, entre outros.

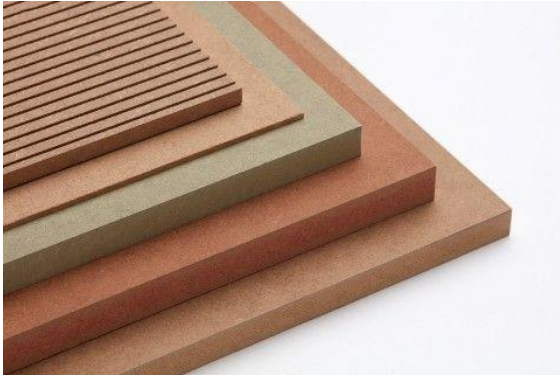


Figura 5 - MDF | AGLOMERADO DE FIBRAS DE MÉDIA DENSIDADE_ SonaeArauco



Figura 6 - OSB | AGLOMERADO DE PARTÍCULAS LONGAS E ORIENTADAS_ SonaeArauco



Figura 7 - PB | AGLOMERADO DE PARTÍCULAS_ SonaeArauco



Figura 8 - Pellets



Figura 9 - Briquettes

No entanto, grande parte dos resíduos madeireiros são sujeitos a combustão ou compostagem, que são os métodos mais antigos de aproveitamento de energia contida na biomassa vegetal. A queima destes resíduos liberta gases e derivados tóxicos que contribuem para a degradação do meio ambiente.



Figura 10 - Combustão, queima dos resíduos madeireiros.

A compostagem é permitida nos países desenvolvidos, se existir uma seleção dos resíduos do processamento da madeira e se estes não estiverem contaminados com substâncias perigosas. Do processo de compostagem resulta o composto, sendo este um fertilizante natural que pode ser utilizado como corretor de solos.



Figura 11 - Compostagem, utilização dos resíduos como fertilizantes.

2.2 Projetos de design | reaproveitamento dos desperdícios de madeira

Ripa Design

Ripa design é uma empresa sediada no Rio de Janeiro que trabalha com resíduos de madeira descartados. Ecológica, socialmente responsável e economicamente viável, ripa design trabalha com pedaços de madeiras recicladas (ripas de madeira) para a produção de peças distintas e únicas.

A empresa já conta com a produção de diversos produtos, nomeadamente, bancos, biombos, estantes, gavetas, mesas, entre outros (Folly, 2013).



Figura 12 - Conjunto de imagens do projeto RIPA Design.

Zero Per Stool

Zero Per Stool é um projeto desenvolvido na coreia do Sul pelo estúdio de design Hattern. O projeto consiste na projeção de um banco autossustentável com, praticamente, zero desperdício.

De modo prático, este projeto consiste na reutilização da madeira sobrando da produção de pernas do próprio banco, para a produção do tampo do banco. Para isso, os desperdícios das pernas são depositados num molde com resina que, uma vez solidificada e incorporada, a madeira é cortada e moldada em forma de assento para aplicação no banco. O resultado é um produto único e destinto, sendo uma solução de design inovadora de um produto com, praticamente, zero desperdício (Barba-Court, 2018).



Figura 13 - Conjunto de imagens do projeto Zero Per Stool.

Projeto Ligno: do pó ao design de produtos

Este projeto, orientado pelo professor da Escola de Arquitetura e Design da UFMG, Glaucinei Rodrigues Corrêa, consiste na transformação dos resíduos madeireiros num composto, para aplicação na produção de produtos de valor acrescido.

O composto é desenvolvido a partir da aglutinação de resíduos gerados pela indústria madeireira, mais especificamente resíduos de MDF, com diferentes ligantes e adesivos. Posteriormente é prensado em moldes (fêmea e macho) e sujeito a temperatura para conceção de forma e estabilização da matéria.

O projeto já desenvolveu produtos como porta copos e prato, para comercialização com vista a mais produções futuras (UFMG, 2016).



Figura 14 - imagem do produto, projeto Ligno.

Impasto, 2013, Dinamarca

O designer graduado Nikolaj Steenfatt, enquanto estudava na Real Academia Dinamarquesa de Belas Artes - Escola de Design, desenvolveu um composto biodegradável denominado Impasto (nome inspirado na técnica de pintura que consiste na aplicação de camadas espessas de tinta). Este material foi aplicado no desenvolvimento de uma linha de peças de mobiliário.

O projeto é baseado na pesquisa de materiais sustentáveis onde foram exploradas diferentes fibras e ligantes naturais, com o objetivo de criar um material biodegradável. O composto desenvolvido consiste na mistura de resíduos, incluindo serragem, lascas de madeira, colas de animais e pigmentos coloridos. A mistura é transformada numa massa que é prensada, enrolada e dobrada em folhas planas e, posteriormente, moldadas a vácuo para a criação de formas. Nikolaj Steenfatt já desenvolveu uma vasta variedade de peças de mobiliário, desde cadeiras, bancos e luminárias.

“O desenvolvimento do processo produtivo é impulsionado pela ideia de criar um processo que seja adaptável à indústria, mas que tenha um resultado único como se fosse feito à mão”, disse Steenfatt (Steenfatt, 2013).





Figura 15 - Conjunto de imagens do projeto Impasto.

Shavings, 2009, Israel

Yoav Avinoam, um designer israelita, utiliza o desperdício de serrim como matéria para o desenvolvimento do projeto Shavings. O projeto consiste na produção de peças de mobiliário compostas pela aglomeração de desperdício madeireiro de vários tipos com resina.

O processo de fabrico das peças passa pela aglomeração dos componentes até formada uma pasta e, posteriormente, a mistura é depositada num molde juntamente com as pernas, para que estas fiquem visíveis e ao mesmo tempo fixas no tampo quando seco.

Num conceito naturalista o projeto de mobiliário Shavings explora as matérias e as formas dos elementos alusivas à natureza, criando uma ligação entre os componentes e o uso do desperdício. O designer considera que o uso do serrim é um meio para criar novos conceitos de design (Avinoam, 2009).



Figura 16 - Conjunto de imagens do projeto Shavings.

50% Sawdust, 2007, Israel

Tendo em conta a sustentabilidade e reciclagem, o estúdio de Design Industrial Kulla, sediado em Israel, concentra-se na pesquisa de novos materiais e no desenvolvimento de novos métodos de produção e design. Criada por Adi Shpigel e Keren Tomer, a coleção 50% Sawdust é fruto dessa pesquisa. Uma coleção constituída por candeeiros, bancos, e fruteiras de mesa (Derringer, 2010).

Estes produtos são desenvolvidos a partir da junção de dois materiais: resíduos de madeira e sacos plásticos. O processo consiste na mistura destes dois materiais até à produção de uma massa que, de seguida, é pressionada por um molde em alumínio. Por fase de cura a uma temperatura elevada, o calor derrete o plástico que faz a aglomeração do desperdício madeireiro. Os resíduos de plástico misturam-se com os resíduos de madeira, resultando numa mistura colorida e texturada, como podemos ver nas seguintes imagens (Derringer, 2010).



Figura 17 - Conjunto de imagens do projeto 50% Sawdust.

Blocos Ecológicos, 2007, Brasil

Coordenados pelo Engenheiro Sanatiel de Jesus Pereira, um grupo de investigadores do Maranhão do Departamento de Desenho e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, desenvolveram uma investigação sobre um material de construção composto a partir de resíduos madeireiros, areia, cimento e água. A mistura destes componentes foi aplicada na produção de blocos para construção que, contribuiu para a redução do impacto ambiental causado pelos blocos comuns de cimento e para a diminuição dos custos dos imóveis.

A pesquisa foi desenvolvida a partir de resíduos de árvores tropicais como o pau-d'arco e paparaúba, que foram as espécies que apresentaram maior compatibilidade com a água e o cimento.

Comparativamente aos blocos de cimento tradicionais, os blocos produzidos neste material apresentaram o dobro da resistência e maior leveza (1,3kg por 15 cm²) facilitando o transporte dos mesmos (UFMA, 2014).

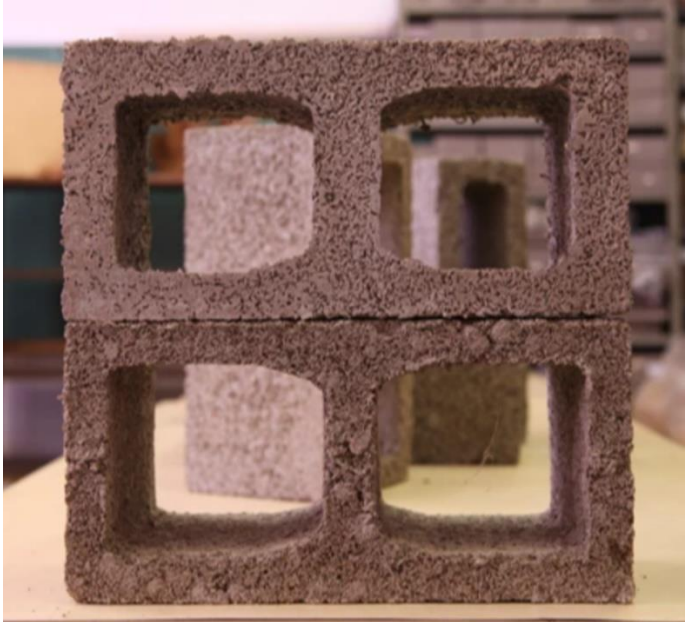


Figura 18 - Conjunto de imagens do projeto Blocos Ecológicos.

3



A close-up photograph of wood shavings and wood pieces. The shavings are light-colored and scattered across the foreground, while a larger piece of wood is visible in the background, slightly out of focus. The lighting is warm, highlighting the texture of the wood.

LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS DESPERDÍCIOS

Na revisão de literatura anterior, presente no estado da arte desta dissertação, constatou-se que já existem algumas alternativas para os resíduos madeireiros, quer seja na redução da geração de desperdício, quer no seu destino final, quando gerados em quantidades significativas.

Tendo como principal objetivo encontrar soluções ou alternativas de reaproveitamento dos desperdícios madeireiros, sentiu-se a necessidade de, junto das empresas, fazer um levantamento físico e teórico dos desperdícios gerados e explorar os processos de transformação.

As empresas selecionadas para análise e recolha de desperdício foram a Carpiguima Lda.- Fabrico de Movéis e Carpintaria e a empresa JOM Indústria. Estas empresas, apesar de trabalharem ambas para o mercado mobiliário, trabalham dentro de diferentes logísticas com matérias e processos de transformação distintos. A Carpintaria Carpiguima tem um processo manual industrializado, trabalha por encomenda e o fabrico de peças de autor, a matéria-prima utilizada é maioritariamente madeira em bruto, mas também alguns aglomerados.

Relativamente à JOM INDÚSTRIA, o processo de fabrico é industrializado, com produção em grande escala e tamanhos standard, trabalhando unicamente com aglomerados como material de produção.

A escolha destas duas empresas foi motivada pela curta deslocação (da minha residência às empresas) e pela diversidade de material e processos de transformação entre ambas as empresas, possibilitando a recolha de diferentes tipos de desperdício.

3.1 Sobre as Empresas

Carpiguima, Lda.- Fabrico de Movéis e Carpintaria

A carpintaria surge em 2009 por dois irmãos, Francisco Freitas e Carlos Freitas, que deram continuidade ao ofício do pai e fundaram a Carpiguima, Lda.- Fabrico de Moveis e Carpintaria.

Carpiguima é uma oficina de projeto especializada em materiais e processos de fabrico que dispõe de um conjunto de serviços personalizados, maioritariamente, peças de mobiliário em madeira.

A empresa conta com a colaboração de técnicos especializados e equipamentos tecnológicos modernos para responder aos elevados padrões de qualidade exigidos pelo mercado contemporâneo, nomeadamente na área de conceção e desenvolvimento de produto (CAD/ CAM/ SOLIDWORKS); máquinas de corte e desveste (CNC/ Orladora/ serra de fita/ plaina /esquadrejadora); zona de tintura e estufa de secagem por caldeira.

JOM INDÚSTRIA

A JOM INDÚSTRIA é uma empresa sediada em Guimarães, fundada a 16 de dezembro de 2016 e atualmente possui dois polos industriais.

Dedicada ao fabrico de mobiliário em aglomerado de partículas, nasceu com o objetivo de satisfazer as necessidades dos mercados internos e externos com a melhor relação qualidade/preço.

Para tal, aposta em maquinaria moderna, nomeadamente na área de conceção e desenvolvimento de produto (CAD/ CAM/ SOLIDWORKS); máquinas de corte (CNC/ Orladora/ serra de fita) e em recursos humanos especializados, de forma a atingir elevados padrões de qualidade e design inovador.

3.1.1 Fornecimento de matérias-primas

Carpiguima, Lda.- Fabrico de Moveis e Carpintaria

A madeira pode ser comercializada em toro, prancha, viga, régua, barrotes ou ripa. A carpintaria Carpiguima adquire a matéria-prima maioritariamente em prancha e régua, com e sem tratamento para posterior transformação. Para o projeto que iriam agora iniciar e que se tornou alvo de análise de desperdício, utilizaram madeira de pinho não tratada em prancha.

JOM INDÚSTRIA

A indústria JOM só trabalha com placas de aglomerado de partículas revestidas a melamina, fornecidas pela SonaeArauco.

As placas que são fornecidas são em média de 2800x2070mm com espessuras variáveis entre 8mm, 16mm, 19mm e 25mm.

3.1.2 Levantamento do desperdício

A presente dissertação concentra-se na transformação dos desperdícios de serrim gerados pelas indústrias transformadoras, por isso, é importante perceber junto das empresas a quantidade de desperdício gerado e recolher parte desse resíduo para posterior processo de transformação.

Devido à falta de controlo por parte das empresas sobre a quantidade de desperdício gerado durante os processos de transformação da madeira, tornou-se difícil realizar um levantamento quantitativo exato da quantidade de desperdício que é gerado nas empresas.

Carpiguima, Lda.- Fabrico de Moveis e Carpintaria

Segundo a Carpintaria Carpiguima, em média, a empresa descarta um contentor de sete toneladas por mês de desperdício gerado durante os processos de produção.

Para uma melhor perceção analisou-se o projeto que a empresa iria desenvolver durante os seguintes meses e fez-se um levantamento do desperdício que esse iria gerar durante o processo produtivo.

O projeto consistia na produção de luminárias de jardim para um resort no algarve, projeto encomendado pela empresa VERDELAGO. As iluminárias seriam produzidas em madeira de Pinheiro-silvestre. A madeira foi fornecida em prancha maciça não tratada de 900x225x75mm e 400x225x75mm para a produção de luminárias com dois tamanhos diferentes, como podemos observar nos dois desenhos técnicos seguintes.

O processo de transformação da madeira para produção das iluminarias divide-se em duas etapas, plaina/ desengrosso das pranchas e maquinação na CNC.

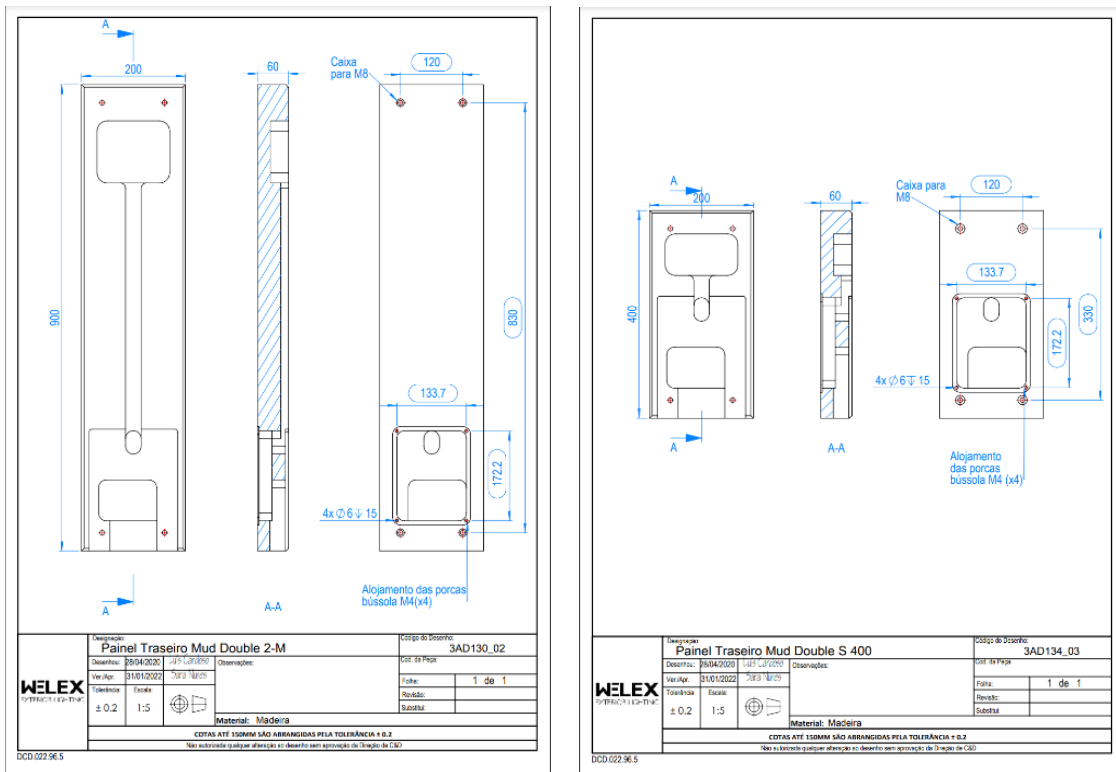


Figura 19 - Conjunto de imagens do desenho técnico dos candeeiros a desenvolver.

A iluminária maior, de grosso modo, mede 900x200x60 e será produzida na prancha maior de 900x225x75 e a iluminária mais pequena de 400x200x60 será produzida na prancha mais pequena de 400x225x75.

Subtraindo o volume do candeeiro na prancha, é gerado um volume medio de desperdício de 4 387 500mm³ por peça, no caso da luminária maior, e 1 950 000mm³ por peça produzida no caso da iluminária mais pequena.

Especula-se que no final da produção de três peças obtenha-se volume suficiente para produção de uma peça igual em desperdício.

Durante a fabricação foi recolhido o desperdício em serrim gerado nos processos de produção.



Figura 20 – CNC.



Figura 21 – Serrim de pinho.

JOM INDÚSTRIA

A recolha dos desperdícios madeireiros é realizada, segundo a indústria JOM, em média, de 15 em 15 dias pela empresa Seraical - Reciclagem de Resíduos.

Mensalmente são produzidas sete a oito toneladas de desperdício grosso (tabuas e placas de desperdício dos cortes de produção) e oito a nove toneladas de serrim e pó de serrim reservado no cilindro industrial.

O custo de descarte deste desperdício fica à empresa por trinta euros cada tonelada mais cinquenta euros o transporte.

Alguns desperdícios de maior dimensão, são recuperados e aplicados em soluções de design como a produção de pequenos bancos e mesas. Outros são devidamente identificados e colocados em stock para completar peças em produção como prateleiras para uma estante e/ou para produções de peças futuras.



Figura 22 - Trabalho com placa de aglomerado.



Figura 23 - Serrim aglomerado.

3.1.3 Propriedades sensitivas e estruturais da madeira e do serrim

As propriedades organolépticas da madeira são aquelas que impressionam os órgãos sensitivos, sendo elas a cor, brilho, odor e sabor, bem como textura e gravuras que se apresentam no material e são fatores auxiliares na identificação das madeiras.

Algumas destas características são conservadas na matéria-prima mesmo que esta se encontre em forma de serrim e pó de serrim depois da sua transformação. A cor, a textura, o odor e o sabor são exemplos dessas características que se mantêm na madeira antes e depois da sua transformação de forma e foram as características principais a preservar durante o processo de transformação dos desperdícios.

Quanto à anatomia macroscópica da madeira, é um organismo heterogêneo formado por conjuntos de células com propriedades específicas para desempenhar as funções vitais de crescimento (condução de água, transformação, armazenamento e condução de substâncias nutritivas e sustentação do vegetal) (Panshin, 1970). As características anatômicas são fundamentais para a qualidade e o destino final da madeira.

A cor da madeira é originada por substâncias corantes depositadas no interior das células e impregnadas nas suas paredes celulares que constituem o material lenhoso. Entre estas substâncias podem-se citar algumas como resinas, gomas, derivados tânicos e corantes específicos (Moreschi, 2005).

Consoante as espécies lenhosas e dependendo das zonas ou áreas de crescimento das árvores, a cor da madeira varia, podendo ser também influenciada pela estação em que as árvores crescem. Na primavera as madeiras resinosas adquirem cores mais claras, sendo que no verão apresentam-se cores mais escuras (Carvalho, 1997).

As conjugações destes fatores conferem às madeiras particularidades que valorizam as suas qualidades e valor decorativo.

Ao longo do desenvolvimento desta dissertação foi importante preservar as características naturais dos desperdícios de madeiras, por isso não foram utilizadas substâncias químicas que adulterassem as suas propriedades.

O serrim é um subproduto da madeira, gerado pelo desveste e transformação da matéria-prima, conservando a cor natural da matéria-prima em bruto. Para além da

conservação da cor, o serrim, dependendo do processo que o gerou, adquire diferentes granulometrias que conferem texturas particulares quando aglomerados.

A recolha do serrim foi realizada junto das empresas já referidas anteriormente, havendo um levantamento inicial de dois tipos de serrim: Serrim de pinho bruto e Serrim de aglomerado de partículas. É importante referir que se trata de resíduos e que existe sempre contaminação de outras madeiras ou matérias que possam ser trabalhadas em simultâneo nas indústrias.

Pinheiro-silvestre ou *Pinus sylvestris* L.

Origem: Regiões frias da Europa e Ásia, incluindo as zonas de maior altitude do Sul da Europa.

Distribuição em Portugal: Serras do Gerês, serra da Estrela, Serras da Peneda, Larouco, Cabreira, Padrela, Marão, Montesinho, Nogueira e Montemuro.

Clima: suporta bem o frio, mesmo que muito intenso e alguma secura, mas é sensível à neve húmida e aos golpes.

Época de floração: na Primavera.

Época de maturação: no outono do ano seguinte.

Caraterísticas sensitivas: Cor branco/amarelado ou castanho/ acinzentado; brilho moderado; cheiro e gosto destintos e característicos.

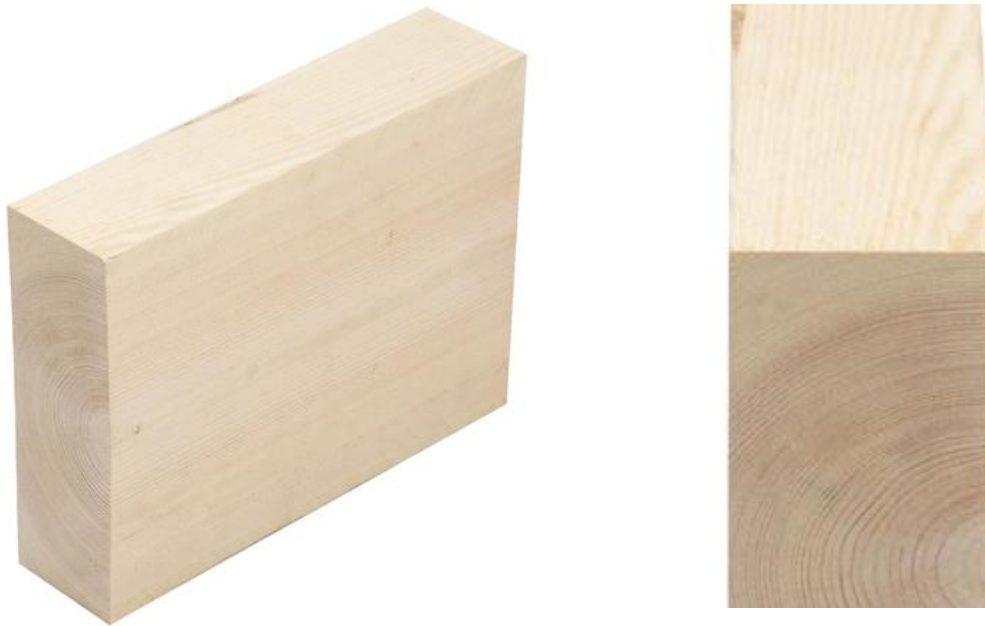


Figura 24 - madeira serrada, pinho silvestre sem tratamento.

Segundo a Autoridade Florestal Nacional, a madeira de Pinheiro-silvestre apresenta propriedades específicas, sendo uma madeira compacta de secagem fácil e rápida, macia, que possibilita o desenrolamento dos toros mais limpos e peso específico de 550 Kg/m³ a 12% de humidade. É utilizada no mobiliário rústico e modulado, travessas, postes, embalagens, paletes, na construção civil em estruturas, carpintarias de interiores e exteriores (AFN, 2012).

PB| Aglomerado de partículas revestido a melamina

O aglomerado de partículas como se sabe é um derivado de madeira que, como o nome indica, consiste numa aglomeração de partículas de madeira (incluindo reciclados) que através de adesivos sintéticos e prensagem forma os painéis PB comercializados. É um produto muito versátil e indicado para a generalidade das utilizações nas indústrias de mobiliário e construção.



Figura 25 - Aglomerado de partículas revestido a melamina, JOM INDÚSTRIA.

O aglomerado de partículas utilizado na JOM INDÚSTRIA é do tipo P2 de acabamento fino e lixado com revestimento em melamina.

As vantagens apresentadas na utilização deste material, segundo a SonaeArauco, são: fácil maquinabilidade, excelentes propriedades mecânicas e baixas emissões de formaldeído.

Este material é utilizado na produção de mobiliário, portas, divisórias, produtos de decoração interior e uso em ambientes secos. A cor e textura do material é variável (SonaeArauco, 2016).

Ao longo do processo experimental, as características do serrim de ambos os materiais e a forma de conservação do mesmo tornam-se determinantes quanto à escolha de qual tipo de serrim utilizar.

4





METODOLOGIA DE TRANSFORMAÇÃO

Após o levantamento realizado verificou-se que os desperdícios madeireiros gerados pela transformação da madeira e criação de produtos, são maioritariamente sobre forma de aparas, serrim e pó de serrim. Os desperdícios selecionados para investigação foram o serrim e pó de serrim pelas suas características e granulometria que possibilitam uma transformação da matéria por aglutinação e/ou adição de elementos.

Durante o processo de estudo, o interesse recaiu na transformação por aglutinação das partículas de serrim e pó de madeira, descartando assim outros tipos de transformação.

Como material de aglutinação foram testados ligantes sintéticos e naturais com o objetivo de responder às condições de agregação pretendidas, nomeadamente, uma aglutinação consistente, resistente e total dos desperdícios madeireiros sem adulteração da cor natural do serrim.

Durante a criação do produto e conceito, ficou claro que o serrim detinha o papel principal na produção. O produto a desenvolver tinha como principal objetivo potencializar e valorizar este novo material.

4.1 Caracterização dos ligantes e materiais utilizados

Aquando a idealização do conceito “mesa de centro” com a valorização do material, o serrim, foi necessário investigar um material ligante que conferisse resistência e dureza quando aglutinado com o desperdício madeireiro selecionado. Pretendeu-se ainda a preservação do resíduo, da cor e textura singular.

Outra característica pretendida desde o início da presente dissertação foi a exploração de ligantes de teor natural e sustentáveis, para aplicação no processo de aglutinação dos resíduos. Deste modo realizou-se investigações exaustivas sobre ligantes e colas naturais que pudessem ser utilizadas nesse processo tais como outros ligantes com menor impacto ambiental.

CIMENTO

O cimento é um ligante hidráulico, isto é, um material inorgânico finamente moído que, quando misturado com água forma uma pasta que ganha presa e endurece por reações e processos de hidratação. Depois de endurecida, a pasta de cimento conserva a sua capacidade resistente e estabilidade mesmo debaixo de água (Coutinho, 2006).

Este material apresenta-se, naturalmente, com cor cinza, no entanto, pode adquirir outras cores tal como a granulometria pode ser mais fina ou grossa.



Figura 26 - conjunto de imagens de cimento.

GESSO

A família dos “gessos” incluindo o crê, também utilizado no processo experimental, é um conjunto de ligantes simples constituídos basicamente por sulfatos, mais ou menos hidratados, por cálcio e sulfatos anidros de cálcio, obtidos por desidratação e cozedura da Pedra de Gesso ou Gesso Bruto.

O gesso encontra-se abundantemente na natureza, em terrenos sedimentares, apresentando-se sob a forma de Anidrite – CaSO_4 ou Pedra de Gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

A Pedra de Gesso ou Gesso Bruto é extraído das gesseiras e constituída essencialmente por sulfato de cálcio hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), podendo conter impurezas como sílica, alumina, óxido de ferro, carbonatos de cálcio e magnésio.

O gesso para construção ou gesso comercial é constituído por uma mistura aproximada de 60 a 70% de $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ e o restante de anidrite. Segundo um estudo levado a

cabo no LNEC, em Portugal, o gesso de construção demonstra um teor de $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ entre 77 e 97% (Coutinho, 2006).

O gesso, tal como o cimento, é um ligante hidrófilo, o que significa que tem afinidade com a água e misturado com ela forma uma pasta que endurece, podendo, como qualquer ligante, aglomerar outros materiais (Coutinho, 2006).



Figura 27 - conjunto de imagens de gesso.

CRÊ OU GESSO HOLANDÊS

Pertencente à família dos gessos, o gesso crê também é um ligante hidrófilo que, ao misturar-se com a água forma uma pasta que endurece (Coutinho, 2006).

O crê ou gesso holandês é usado principalmente na composição de massas e betumes e, tradicionalmente, no ramo das artes como base para pintura. Possui uma granulometria muito fina e uma cor branca de brancura superior.



Figura 28 - Crê ou gesso holandês.

AMIDO DE MILHO

O amido de milho é um hidrato de carbono extraído dos grãos de milho a partir de recursos renováveis e é um dos polímeros naturais mais abundantes, para além de barato e ecológico. Para além da indústria alimentar, este polímero é amplamente utilizado em inúmeras aplicações industriais, nomeadamente como constituinte de colas para madeira para aplicações no interior e para a produção de papel e cartão.

Em água fria torna-se quase insolúvel, mas por aquecimento, a estrutura cristalina é interrompida, devido à rotura de ligações de hidrogénio entre as hélices de amido. Desta forma, forma-se uma pasta viscoelástica e com capacidade de colagem e aglomeração de componentes.



Figura 29 - Amido de milho.

FARINHA DE TRIGO

A farinha de trigo é composta essencialmente por proteínas, amido, lipídeos e enzimas.

Quando a farinha de trigo é misturada com água e submetida a mistura mecânica, as proteínas constituintes do trigo (gliadinas e as gluteninas) hidratam-se e forma-se o glúten, uma substância fibrosa, elástica, pegajosa, de coloração âmbar (SPM, 2015).

Em comparação com outras proteínas, o glúten de trigo é a fonte de proteína mais barata além de um excelente polímero natural o que potencia a sua aplicação em colas ecológicas e naturais para madeira (Silva, 2017).

Atualmente a principal limitação da utilização das colas naturais à base de glúten é a sua baixa resistência à humidade (SPM, 2015).



Figura 30 - Farinha de trigo.

PROTEÍNA ANIMAL

As colas proteicas pertencem ao grupo das proteínas fibrilares ou escleroproteínas e são produzidas a partir de materiais albuminoides e colágenos contidos nos tecidos animais que, ao serem tratados com água quente ou vapor d'água, produzem a glutina (NICOLAUS, 1999). Solúvel em água, a glutina é o componente principal das colas animais e das gelatinas. O seu componente principal é o colágeno que é uma hidroxiproteína fibrosa insolúvel em água que forma dispersões coloidais e aquosas que se transforma em gelatina no processo de fabricação das colas (França, 2009).

A capacidade de adesão destas colas está relacionada a causas mecânicas e também a interações químicas específicas dos enlaces de hidrogênio (França, 2009).

COLA DE COELHO

A cola de coelho é uma cola pertence à família das colas de proteína animal. Esta é vendida desidratada em cristais e, por isso, é necessário hidratá-la para a utilizar. A hidratação consiste em colocar a cola desidratada em água de um dia para o outro até que a cola dilate e preencha a água, apresentando uma composição viscosa e gelatinosa.

A quantidade de água colocada para a hidratação da cola de coelho depende da intensidade que se pretende, sendo que quanto mais água mais fraca ficará a cola.

Depois de hidratada, a cola é colocada ao lume em banho-maria até ficar completamente líquida. A cola não deve passar os 70°C para manter as suas propriedades e eficácia na colagem. Enquanto isso, são adicionadas algumas gotas de vinagre para conservação da cola. A cola deve ser utilizada quente podendo ser reaquecida sempre que se pretende utilizar.



Figura 31 - Cola de coelho desidratada.



Figura 32 - Cola de coelho hidratada.

COLOFÓNIA

A resina representa um grupo de extrativos, que ocorre nos pinheiros, um produto natural produzido por uma grande variedade de resinosas. Denominam-se como extrativos os compostos químicos não estruturais que integram a constituição da madeira das árvores, geralmente, representam menos de 5% da madeira, mas contribuem para lhe conferir durabilidade natural (Pereira, 2015).

A Colofónia (pez) é o principal constituinte da gema do Pinheiro, sendo esta obtida por destilação (Pestana, 2022). Após uma previa filtragem para remoção das impurezas, processa-se a destilação através do aquecimento da resina que a divide em dois componentes, aguarrás (componente líquido e incolor, usado como solvente na indústria e na medicina) e colofónia (pez), que confere a fração sólida correspondente a cerca de 80% do total que, quando arrefece apresenta-se como cristais (Pereira, 2015).

Este material sólido, contém ácidos resínicos diterpênicos (90%) e pequenas quantidades de compostos neutros (10%) (Pestana, 2022). Um dos fatores que pode determinar a sua qualidade, entre outros, é a cor que apresenta, sendo que uma cor castanho-escura indica qualidade inferior enquanto que uma cor amarela clara e transparente reflete qualidade superior (Pereira, 2015) .



Figura 33 - Colofônia em processo de aquecimento.

GOMA LACA

A goma-laca ou lac, é um subproduto proveniente de um inseto, *Laccifera Lacca*. Este inseto pousa em certas árvores nativas da Índia e da Tailândia e, durante o seu ciclo reprodutivo, alimenta-se da seiva das árvores hospedeiras. A seiva ingerida transforma-se numa resina de poliéster natural que depois é expelida pelas secreções do inseto através da superfície do seu corpo. Essa substância resinosa secretada denomina-se de lac, matéria-prima da goma-laca (Couto, 2015).

Esta substância, lac, de cor âmbar é utilizada pelo inseto para formar casulos ao seu redor onde incuba os seus ovos, sendo nesta fase denominada de sticklac. O sticklac é recolhido e levado para primeira transformação, é moído, processado e lavado com água para remover o ácido lacáico, sendo esta etapa denominada de seedlac. Posteriormente é refinado por três métodos diferentes para se tornar em goma-laca,

nomeadamente, processo de fusão, processo de branqueamento e processo de extração de solvente (Couto, 2015).

A goma-laca é um material muito versátil e possui excelentes propriedades para formação de película. Apesar de duro, é um material frágil, resinoso e, embora seja inodoro à temperatura ambiente, quando aquecido e derretido possui um cheiro característico. Dependendo do processo de refinação e do tipo de seedlac, a cor da goma-laca pode variar de amarelo a vermelho-escuro. É insolúvel em água, no entanto é solúvel em etanol e metanol, o que produz um revestimento de boa durabilidade e dureza (Couto, 2015).



Figura 34 - Goma laca em cristais.

4.2 Processo experimental

Realizado o levantamento e caracterização dos ligantes, são descritas e analisadas várias experiências desenvolvidas a partir dos desperdícios de serrim derivados das indústrias transformadoras de madeira.

O processo experimental passa pelo estudo de possíveis aglutinações do serrim com os ligantes acima descritos, para a produção de novos produtos, neste caso para a produção de uma mesa de centro. Testou-se um leque variado de ligantes e opções de aglutinação com diferentes propriedades e características.

As experiências não respeitam uma sequência pré-definida, foram realizadas em função dos resultados e dos objetivos pretendidos. O mesmo diz respeito as dosagens e materiais ligantes ou auxiliares à aglutinação. O processo experimental, além da

investigação da matéria, é desenvolvido na base da intuição e observação da evolução dos resultados.

As experiências, tendo por base os princípios da aglutinação e progressivo conhecimento da matéria, seguiram uma metodologia de trabalho que permitiu o rigor das amostras. Cada material foi pesado (g) ou medido por porção, misturado cuidadosamente e de forma homogênea, calculado o tempo de secagem de cada amostra (h) e superfície de secagem adaptada a cada ligante.

Antes de qualquer perspectiva de resultados, a preocupação pela utilização de materiais e ligantes naturais foi uma constante em todo o processo experimental e produtivo, acabando por ser uma característica obrigatória nos ligantes a utilizar.

Iniciou-se o processo experimental com os ligantes mais comuns utilizados pela indústria e construção civil, o cimento (cimento cola e massa de estucar). O cimento foi misturado com água e adicionado ao serrim, sendo que a primeira pasta realizada com cimento cola não secou, mantendo-se húmida e sem adesão ao serrim, resultando numa pasta escura, húmida e farinhenta. Relativamente á massa de estucar, foi misturada igualmente com água e adicionado o serrim. A mistura resultou na aglomeração total do serrim e endurecimento da matéria, no entanto, manteve a baixa resistência, quebradiça e com alteração da cor. Experimentou-se ainda cimento branco com uma granulometria fina e cola branca, a fim de criar uma maior adesão e uma matéria mais consistente. O resultado foi uma mistura seca e endurecida, mas com adulteração da cor do serrim.

Acabou-se por abandonar estas matérias como possíveis ligantes dada à adulteração da cor e à relevância que os materiais tinham comparativamente ao serrim que se tornava visualmente nulo na mistura.

Quase acidentalmente realizou-se uma experiência com amido de milho, água e serrim que se revelou uma mistura consistente, dura e resistente que impulsionou o interesse para as seguintes experiências com ligantes na base de farinha e amido e proteína vegetal (glúten).

Devido à falta de dados sobre a utilização e aplicação destes ligantes naturais (amido de milho e outras farinhas) em solução de produção de peças e aglomerações entre outros,

o processo experimental tornou-se numa exploração exaustiva com muitas oscilações na obtenção de resultados. As experiências foram muito orientadas por base da intuição e análise dos resultados que se foram obtendo ao longo processo experimental e também sustentada em artigos e receitas antigas na altura em que os ligantes sintéticos ainda não eram uma solução.

Começou-se pelas experiências com amido de milho. A transformação do amido de milho em cola de amido passa pela adição de água e vinagre que atua como um conservante natural. A água é adicionada e envolvida à farinha e leva-se a engrossar em lume brando. Foram realizadas algumas experiências com diferentes quantidades de água, amido e serrim e até uma outra cola branca.

Como aglutinante, a cola de amido de milho é bastante eficaz, aglomerando todo o desperdício de serrim, respeitando a cor natural da madeira. No entanto, mesmo depois de seca, resulta numa massa mole e flexível, características que não correspondiam às pretendidas. Outro problema que a matéria apresentava era o longo tempo de secagem, independentemente da espessura do ensaio, a pasta leva longos períodos de tempo a secar, apresentando rachadelas durante a secagem. Por estes motivos a cola de amido de milho foi abandonada como possível ligante.

Paralelamente às experiências com a cola de amido de milho, foi-se testando a farinha de trigo sem fermento. O processo de fabricação da cola de trigo é semelhante à produção da cola de amido milho. A farinha de trigo é misturada com a água e é levada ao fogo até engrossar. Posteriormente, é adicionado o vinagre que funciona como conservante.

Inicialmente as experiências foram realizadas exclusivamente com a adição de serrim recolhido na empresa JOM INDÚSTRIA. Este serrim revelou-se impróprio para ser trabalhado, provavelmente devido a uma má conservação do mesmo. Como não foi possível aceder ao serrim conservado no cilindro de aspiração, o serrim foi recolhido do chão junto as máquinas de desbaste e CNC. Devido a essa possível má conservação e também por se tratar de um serrim derivado de placas de derivados com adição de adesivos químicos, todas as experiências realizadas resultaram em ensaios com criação de fungos e bolor, moles, húmidos e com mau odor. Deve-se ressaltar que todo o serrim

depois de recolhido, independente da empresa proveniente, era peneirado e conservado em local seco e arejado até ser utilizado.

Posto isto e analisada a situação, substituiu-se a utilização de serrim derivado de placas de derivados e/aglomerados, por serrim derivado de madeira pura como a recolhida na Carpintaria Carpiguima, serrim derivado da transformação de pinho conservado no interior do cilindro de aspiração.

Realizou-se novos ensaios com o serrim de pinho e a cola de farinha de trigo. Ao longo do processo experimental com a cola de farinha de trigo sem fermento, a receita foi sujeita a alterações relativas a dosagens e adição de elementos auxiliares à mistura. Como já referido, todo o processo foi-se desenvolvendo intuitivamente através da análise dos resultados que se foram obtendo. Ao contrário dos ensaios iniciais, estes resultaram numa pasta coesa, seca, dura, resistente e com a cor original do serrim.

Apesar de se apresentar como o potencial ligante a ser utilizado na produção do produto proposto, a cola de farinha de trigo apresenta alguns constrangimentos, nomeadamente, tempo de secagem, criação de fungos (bolor) enquanto seca, impossibilidade de prensagem por longos períodos de tempo dada a criação de fungos (bolor), exigência de espaço seco e arejado para secar e permeável (baixa resistência à humidade).

Posto isto e mediante as fragilidades que o material com cola de farinha de trigo apresenta, testou-se ainda um outro ligante natural à base de proteína animal, mais especificamente a cola de coelho.

Realizou-se alguns ensaios com a cola de coelho com diferentes graus de densidade e força. A cola de coelho, quando preparada, deve ser sempre aquecida em banho-maria para ser utilizada. Foram testadas diferentes quantidades de serrim e cola na mistura, tal como outros agentes e matérias auxiliares. A matéria resultante da mistura do serrim com a cola de coelho revelou-se bastante promissora com uma aglomeração total dos resíduos, resistente, dura, sem adulteração da cor original do serrim e isenta de criação de fungos. Apresentou também alguns entraves na sua utilização como, nomeadamente, preço e menor resistência à tração comparativamente ao ensaio com cola de farinha e baixa resistência à humidade (cola reversível com a aplicação de água).





Na seguinte tabela são apresentadas as experiências realizadas durante todo o processo experimental organizadas da seguinte forma:





Tabela A: ensaios de exploração de possíveis ligantes a utilizar;



Tabela B: ensaios com os ligantes selecionados (cola de coelho e farinha de trigo);



Tabela C: ensaios em tamanho real para aperfeiçoamento e seleção do ligante a utilizar para produção do produto.



Tabela A: Ensaios de exploração de possíveis ligantes a utilizar.




1	150g Serrim e lascas de pinho	200g Cimento cola 200ml de água	PP (recipiente)	48 h (no molde) + 24h (sem molde ao ar)	Material mole; Húmido; Sem aglomeração do desperdício;	
2	150g Serrim e lascas de pinho	200g Massa de estucar 160ml de água	PP (recipiente)	Ao ar livre 144 h	Material duro; Frágil; Quebradiço; Aglomeração total do desperdício; Sem flexibilidade/ intolerante a deformação	
3	150g Serrim em lascas de pinho + 60 C. serrim fino	230g Cimento branco + 120ml cola branca + 300ml água	PP (recipiente)	Ao ar livre 96h	Material seco; Duro; Resistente; Aglomeração total do desperdício; Sem flexibilidade/ intolerante a deformação	
4	1 Serrim de pinho (fino)	½ Amido de milho + 1/3 Água	-	30 seg. micro-ondas + h ao ar	Material seco; Duro; Resistente; Aglomeração total do desperdício; Sem flexibilidade/ intolerante a deformação	





5	1 Lascas e serrim de pinho	1 Amido de milho + ½ Água	Sem molde	30 seg. micro-ondas + 2 h ao ar	Material seco; Duro; Resistente; Aglomeração total do desperdício; Sem flexibilidade/ intolerante a deformação	
6	200g de Serrim	40g de Amido de milho + 200ml Água + 20ml vinagre	pp	72h	Material seco; Duro; Resistente; Aglomeração total do desperdício; Tolerante a deformação; Textura semelhante à cortiça)	
7	300g de serrim	50g de Amido de milho + 300ml Água + 20ml vinagre	pp	Forno por 30 minutos a 90Cº	Material mole; Flexível; Quebradiço Aglutinação total do desperdício;	
8	300g de serrim pinho (carpintaria)	50g de Amido de milho + 250ml Água + 20ml vinagre	Pp (240mm de diâmetro por 15mm de altura)	Ao ar livre 170h	Material mole; Flexível; Quebradiço Aglutinação total do desperdício;	

9	300g de serrim laminado (pinho, carvalho e noqueira)	50g de Amido de milho + 300ml Água + 20ml vinagre+ 30ml de cola branca	Pp (240mm de diâmetro por 15mm de altura)	Ao ar livre 96	Material mole; Flexível; Brilhante; Aglutinação total do desperdício; Pegajoso ao toque (cola)	
10	125g de serrim de placas de aglomerado (JOM)	400g água + 100g de farinha de trigo + 30 ml de vinagre + 30 ml de cola branca)	Pp (240mm de diâmetro por 15mm de altura)	Forno a 150°C por 15 minutos +40h dias ao sol	Material mole; Húmido; Frágil; Aglutinação total do desperdício; (não reage bem á temperatura no forno)	

11	130g serrim de serrim de placas de aglomerado (JOM)	250ml de água + 100g de farinha de trigo + 30g de bicarbonato de sódio +30ml de cola branca	Pp (240mm de diâmetro por 15mm de altura)	72h ao sol	Material mole; Húmido; Frágil Aglutinação total do desperdício; Criação de bolor no interior	
12	400g de serrim de placas de aglomerado (JOM)	1,5l de água + 400g de farinha de trigo + 60ml de vinagre	Sem molde 500mm x 300mm x 10mm	120 ao ar livre	Material mole; Húmido; Frágil Aglutinação total do desperdício; Criação de bolor no interior	

14	120g de serrim de pinho	<p>Massa 1 300ml de água, 80g de e o serrim (misturar tudo num tacho ao lume)</p> <p>Cola de trigo (300ml de água, 80g de farinha de trigo, 30ml de vinagre) envolvera cola à mistura 1 no tacho ao lume</p>	-	96h ao ar livre	Material Duro; Seco; Resistente; Aglutinação total do desperdício; Intolerante à deformação (Material aproximado de um cerâmico)	
15	100g de serrim	<p>300ml de água, 80g de farinha de trigo, 30ml de vinagre) e antes de engrossar juntar o serrim e misturar tudo no tacho</p>	-	96h ao ar livre	Material seco; Duro; Resistente; Aglutinação total do desperdício; Intolerante à deformação; (textura semelhante a um cerâmico)	

16	300g de serrim adulterado (verde) + 300g de serrim de pinho	Cola de farinha de trigo 1700ml + 430g de farinha de trigo + 70g de vinagre	Travessa de Vidro	120h ao ar	Material seco; frágil; Aglomeração total do desperdício; Criação de fissuras durante a secagem; (fino para o comprimento da peça, a massa seca mais rápido, mas fica frágil)	
17	300g de serrim de pinho adulterado (verde) e natural	800ml de água + 200g de farinha de trigo + 20g de vinagre	Prato cerâmico	120h	Material duro; Seco; Resistente; Aglutinação total do desperdício;	
18	180g de serrim de pinho adulterado (verde) e natural	320ml de água + 100g de farinha de trigo	Frasco de vidro	72h	Material duro; Seco; Resistente; Aglutinação total do desperdício; Intolerância à deformação; Fissuras; (a matéria não respira em contacto com o molde e cria retenção da humidade)	

20	400 serrim	Cola de farinha de trigo + amido 2000 ml água 500g de farinha (350g de trigo+150 de amido) 2c.S de vinagre	3 molde de diferentes tamanhos e espessura	120h	Material mole; Baixa resistência; Aglutinação total do desperdício; O plástico no molde impede a colagem da pasta ao molde, mas, cria retenção de humidade, o que dificulta na secagem	
21	300 serrim	Cola de farinha de trigo (800ml água, 200g farinha, 2 colheres de vinagre)	Prato de plástico pp 25cm diâmetro Forrado com plástico PBD (sacos de plástico)	120h	Material duro; Resistente; Aglutinação total do desperdício; Intolerância à deformação; Deformação durante a secagem seca; Fissuras	
22	300 serrim	Cola de farinha de trigo (800ml água, 200g farinha, 2 colheres de vinagre)	Prato de plástico pp 25cm diâmetro Untada com óleo vegetal	120h	Material duro; Resistente; Aglutinação total do desperdício; Intolerância à deformação; Deformação durante a seca; Fissuras (ressoltado pior com forma untado)	
23	Serrim em pó fininho	Cola de farinha de trigo (800ml água, 200g farinha, 2 colheres de vinagre)	Molde de silicone fino com 7mm de espessura para a massa	Prensagem no molde e secagem no interior do mesmo 50h	Material mole; Frágil; Aglutinação total do desperdício; Criação de bolor;	











24	Serrim em pó fininho	Cola de farinha de trigo (800ml água, 200g farinha, 2 colheres de vinagre)	Sem molde apenas decalque de uma folha artificial de plástico	Secagem, livre	Material duro; Resistente; Aglutinação total do desperdício; Intolerância à deformação; (decalque)	
----	----------------------	--	---	----------------	--	---

Tabela 2 descrição dos ensaios realizados

Tabela B: ensaios com os ligantes seleccionados (cola de coelho e farinha de trigo).

1	145g de serrim	300g de cola de coelho 1 para 5	Arco em madeira 24cm Ø	120h ao ar livre com prensagem	Material seco; Duro; Criação de bolor por toda a superfície; Quebradiço;	
2	145g de serrim	150g de cola de coelho 1 para 5	Arco em madeira 24cm Ø	120h ao ar livre com prensagem	Material duro; Resistente; Compacto; Textura parecida com cartão; Leve	
3	50g serrim finíssimo	55g cola de coelho 1 para 5 3g Fibra de vidro "folha"	Arco em madeira 12cm Ø	48h ao ar livre com prensagem	Material parcialmente seco; Enfarinhado ao toque; Sem aderência à fibra de vidro	

4	70g serrim finíssimo	30g cola de coelho 1 para 5 80g de cola de farinha (A)	Arco em madeira 12cm Ø	48h ao ar livre com prensagem	Material compacto; Duro; Frágil; Enfarinhado ao toque; Manchas pretas à superfície (fungos)	
5	50g serrim finíssimo	50g cola de coelho 1 para 5 3g de papel de cetim picado	Arco em madeira 12cm Ø	48h ao ar livre com prensagem	Material duro; Frágil; Compacto; Manchas pretas à superfície (fungos);	
6	-50g serrim	- 45g cola de coelho 1 para 5 - 100g de pasta papel de cetim relado*	Arco em madeira 12cm Ø	48h ao ar livre com prensagem	Material parcialmente seco; Mole; Inchado depois de seco; Enfarinhado ao toque;	

7	50g de serrim	-50g de cola de coelho 1 para 5 -3g de fibra de vidro esfiapada (efeito penujem)	Arco em madeira 12cm Ø	48h ao ar livre com prensagem	Material seco; Mole; Inchado depois de seco; Enfarinhado ao toque;	
8	70g de serrim	150g de cola de farinha (A)*	Arco em madeira 12cm Ø	120h ao ar livre com prensagem	Material duro; Resistente; Compacto; Manchas pretas à superfície (fungos); Maior tempo de secagem	
9	70g de serrim	140g cola de farinha (4h) **	Arco em madeira 12cm Ø	120h ao ar livre com prensagem	Material duro; Resistente; Compacto; Manchas pretas à superfície (fungos); Maior tempo de secagem	


10	70g de serrim	- 50g de cola de coelho 1 para 5 - 50g cola de farinha (4h)	Arco em madeira 12cm Ø	72h ao ar livre com prensagem	Material compacto; Duro; Frágil; Enfarinhado ao toque; menor Manchas pretas à superfície (fungos)	
----	---------------	--	---------------------------	-------------------------------	--	---

Tabela 3 descrição dos ensaios realizados

Cola de farinha (A)* mistura-se a farinha de trigo com a água e leva-se ao lume até engrossar (media de 10 a 15 minutos). Quando obtida uma cola espessa adiciona-se algumas gotas de vinagre. Utiliza-se ainda quente;

Cola de farinha (4h) ** mistura-se a farinha de trigo com a água e leva-se ao lume por 4 a 5h (lume brando). Após o tempo de cozedura sobra uma pasta pegajosa que é peneirada e só depois utilizada como cola. Utiliza-se ainda quente.

Depois de explorados e testados uma panóplia de aglutinações e junções com os diferentes ligantes, diferentes matérias auxiliares à aglutinação e com diferentes tempos e métodos de secagem, restringiu-se o processo experimental a dois ligantes, a cola de farinha de trigo e a cola de coelho, que até ao momento foram os que melhor responderam às características desejadas para o desenvolvimento do material, nomeadamente, aglutinação total do desperdício, resistência, dureza, estabilidade, respeito da cor natural do material, sustentabilidade e ecologia. Observou-se ainda que a prensagem das amostras se tornou uma solução para a estabilização da matéria de forma mais coesa e compacta eliminando o excesso de ligante.

As experiências que se seguem são realizadas à escala real, no tamanho pretendido para a projecção da mesa de centro. Nesta fase é desenvolvido um molde para a produção das experiências que se seguem.

Produção do molde

Para a produção do molde definiu-se a circunferência com 71 cm de diâmetro. O arco foi produzido com três ripas de madeira de 2,20m de comprimento, 3cm de largura e 3 mm de espessura cada.

Para a colagem das ripas foi utilizada cola de coelho na proporção de 1 para 8 (uma porção de cola para oito porções iguais de água).

Iniciou-se a produção do molde com a aplicação da cola por todo o comprimento das ripas. As ripas foram cuidadosamente curvadas até formar uma circunferência e foram colocadas umas dentro das outras, alternando o local de junção de cada uma delas.



Figura 35 - Conjunto de imagens do processo produtivo do molde circular em madeira.

Depois de unidas, são presas com grampos de mão, para garantir uma forte colagem entre as ripas. É também utilizada uma cinta de grampo e uma estrutura ao centro para garantir a forma da circunferência enquanto seca.

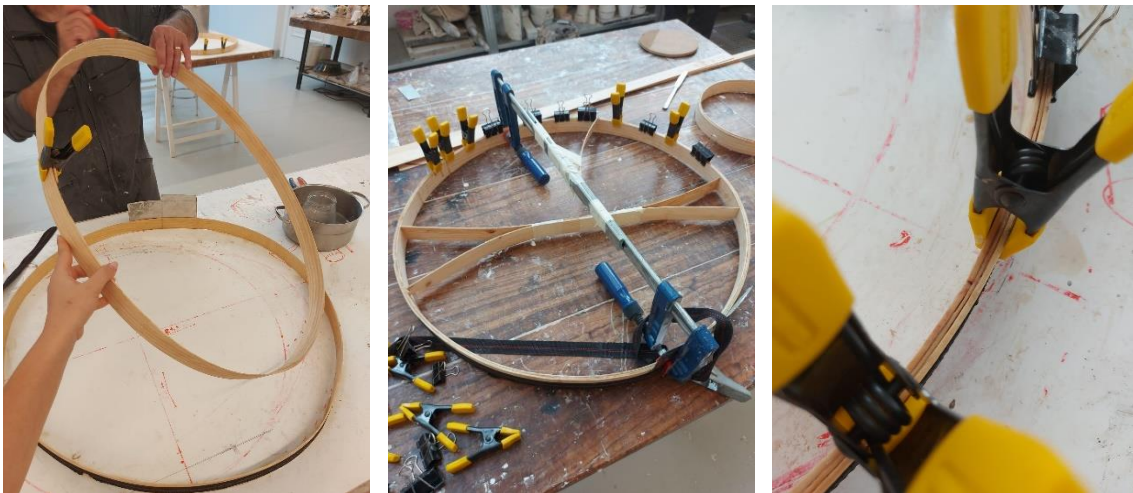


Figura 36 - Conjunto de imagens do processo produtivo do molde circular em madeira.

Depois de 40 a 60 minutos, a estrutura estava seca e estabilizada para uso como molde. Finalizou-se com a lixagem das superfícies.



Figura 37 - Conjunto de imagens do processo produtivo do molde circular em madeira.

Os seguintes ensaios experimentais foram todos realizados respeitando as dimensões do presente molde produzido, 71cm Ø de diâmetro e 3cm de altura.

Tabela C: Ensaio em tamanho real para aperfeiçoamento e seleção do ligante a utilizar para produção do produto.

11	5kg de serrim	4,800kg de cola de coelho 1 para 8	120h ao ar livre com prensagem	Material parcialmente seco; Mole; Enfarinhado ao toque; Quebradiço; Aglomeração total do desperdício;		
12	4 kg serrim	Cola de farinha (12 L de água 3 kg de farinha de trigo)	120h ao ar livre com prensagem	Material húmido; Mole; Enfarinhado ao toque; Criação de bolor por toda a superfície; Aglomeração total do desperdício;		
13	3 kg de serrim (reciclado)	- 2 kg de cola de coelho 1 para 2 - 800g de crê	120h ao ar livre com prensagem	Material parcialmente seco; Superfície seca e dura; Frágil; Quebradiço; Aglomeração total do desperdício;		
14	3 k de serrim (2ª reciclagem)	3 L de água 2 kg de crê	120h ao ar livre com prensagem	Material parcialmente seco; Frágil; Quebradiço; Aglomeração total do desperdício;		



15	3 kilos de serrim	-Cola de farinha (10 l de água 3 kg de farinha) -3 kg de crê	144h ao ar livre sem prensagem e sobre uma superfície de gesso	Material parcialmente seco; Alguma resistência e dureza (comparativamente com o ensaio 12); Criação de bolor; fissuras dada a secagem; Aglomeração total do desperdício;	
16	3kg de serrim	-Cola de farinha (10 l de água 4 kg de farinha) -4 kg de crê	48h ao ar livre sem prensagem e sobre uma superfície de gesso	Material seco; Resistente; Duro; Sem produção de bolor; Fissuras superficiais dada a secagem; Aglomeração total do desperdício;	

Tabela 4 descrição dos ensaios realizados

Ensaio 1 - Serrim com cola de coelho

Matéria:

- 5kg de serrim;
- 4,800kg de cola de coelho 1 para 8.

Produção

O processo começou pela hidratação e preparação da cola de coelho. Preparou-se a cola de coelho num recipiente na proporção de 1 para 8, um recipiente de cola de coelho desidratada para oito recipientes de igual proporção de água (600g de cola de coelho e 4,500L de água) e deixou-se a hidratar até que esta ficasse viscosa e volumosa. Depois de hidratada a cola foi colocada em banho-maria a 60°C para poder ser utilizada.



Figura 38 - conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 1.

Peneirou-se o serrim de forma a evitar lascas maiores e outros resíduos.

Misturou-se o serrim e a cola de coelho (ainda quente) com o auxílio de uma batedeira industrial para que a mistura fosse rápida e homogénea.



Figura 39 - conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 1.

A pasta foi aplicada dentro do molde sobre um plástico e prensada com uma placa e grampos.



Figura 40 - conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 1.

A mistura foi prensada por 4 horas. De seguida, foi libertada umas das faces e deixada a secar por 120h.

Resultados /Observações

A matéria mostrou-se estabilizada e parcialmente seca, no entanto a liga criada não foi suficiente mantendo o ensaio ainda muito frágil e com alguma humidade interior. A secagem parcial da peça fez com que esta abrisse rachaduras nos pontos mais húmidos.

Peça mais estável e com alguma resistência. Necessidade de reforçar o ligante.





Figura 41 - conjunto de imagens do resultado do ensaio 1 .

Ensaio 2 – Serrim com cola de farinha

Matéria

- 4 kg serrim;
- Cola de farinha (12l de água +3 kg de farinha de trigo sem fermento+ 100ml de vinagre).

Produção

Começou-se por produzir a cola de farinha de trigo. Misturou-se a farinha de trigo na água e leva-se a lume brando numa panela até engrossar. Quando pronta a cola, foi adicionado o vinagre.



Figura 42 - conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 2.

De seguida, ainda com a cola quente, foi adicionado o serrim (previamente peneirado) e misturou-se tudo com o auxílio de uma batedeira industrial para que a mistura seja realizada de forma rápida e homogénea.



Figura 43 - imagem do processo de produção do ensaio 2.

A pasta formada foi colocada dentro do arco e espalhada de forma igual pela superfície. Neste caso, o molde é composto por duas portas circulares em madeira com a função de prensar a pasta dentro do arco de madeira, conseguindo-se, assim, uma melhor prensagem da matéria.



Figura 44 - conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 2.

A prensagem foi realizada com grampos para compactar a mistura dentro do molde durante 5h.

Depois foi retirada uma das portas do molde e a mistura ficou a secar por 6 dias num local arejado e com o auxílio de um desumidificador.

Resultado /Observações apos 144h

Obteve-se uma secagem instável, a pasta manteve-se húmida, proporcionando o desenvolvimento de fungos (aparecimento de bolor por toda a superfície visível e interna).



Figura 45 - conjunto de imagens do resultado do ensaio 2.

Ensaio 3 – Serrim reciclagem do ensaio 1 com cola de coelho e crê

Matéria:

- 3 kg de serrim (reciclado);
- 2 kg de cola de coelho 1 para 2;
- 800g de crê.

Produção

Retirada a conclusão do ensaio 1 e dada a capacidade reversível da cola e o custo da matéria-prima, decidiu-se realizar um novo ensaio reutilizando-se o ensaio 1.

Triturou-se o ensaio com o auxílio de uma batedeira industrial. Quando triturada, a mistura foi colocada num humidificador industrial. Este funciona aumentando a temperatura no seu interior e evaporando a água que nele contém humedecendo, consequentemente, a pasta do ensaio 1 colocada no interior. O objetivo da sua utilização foi reativar a cola de coelho através da aplicação de calor e vapor de água se

que seja necessário adicionar mais água na mistura pois iria enfraquecer a cola de coelho.



Figura 46 - conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 3.

Após 3h no humificado, percebeu-se uma pasta húmida e a colar. Dada a tentativa de adição de outros componentes para o presente ensaio, foi retirado 2kg dessa pasta, ficando agora a ser reciclado 3kg. A esses 3kg da mistura já reativada foi adicionado 800g de crê e 2 kg de cola de coelho na proporção de 1 para 2 (uma quantidade de cola desidratada para duas quantidades iguais de água) já devidamente hidratada e diluída em banho-maria para ser incluída à mistura e misturou-se tudo com a batedeira industrial para ficar uma pasta homogénea.



Figura 47 - conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 3.

A incorporação do cré nesta mistura tem o objetivo de absorver a humidade que a pasta tem, ajudando à secagem da mesma e a uma maior liga.

A pasta formada foi colocada no molde e espalhada de forma igual. A prensagem foi realizada com grampos para compactar a mistura dentro do molde.

A mistura ficou prensada por 24h num local seco e junto ao desumidificador.

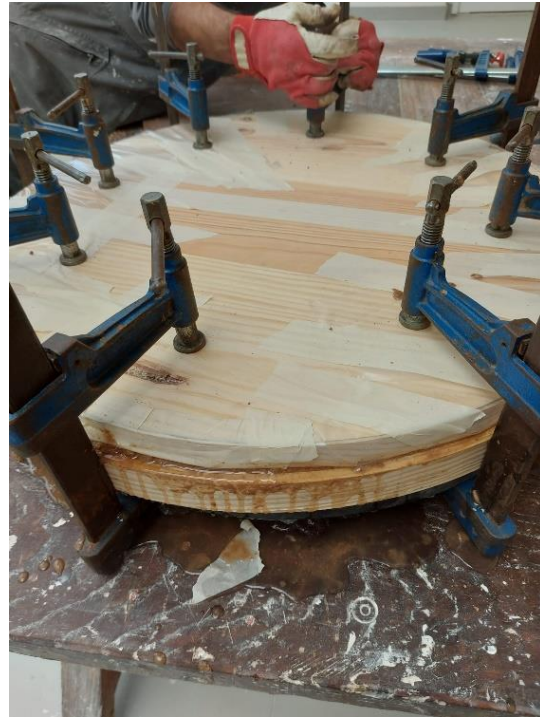


Figura 48 - conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 3.

Resultado/ Observações após 24h

Pasta muito mais compacta e estabilizada, superficialmente bastante dura e resistente, no entanto, no interior a pasta mantém-se mole e húmida, mas muito mais seca que a anterior o que leva a uma necessidade de adicionar mais cré para acelerar a secagem.



Figura 49 - conjunto de imagens do resultado do ensaio 3.

Resultado/ Observações após 96h

A peça foi deixada a secar sem uma das portas do molde. O resultado foi uma superfície seca e dura, no entanto, o interior manteve-se húmido e por isso, a peça começou a dividir-se e a rachar.

Ensaio 4 – Serrim reciclado do ensaio 3 com cola de coelho e crê

Matéria:

- 3kg de serrim (2ª reciclagem);
- 3l de água;
- 1, 200kg de crê.

Produção

Retirada a conclusão do ensaio 3 e dada a capacidade reversível da cola e o custo da matéria-prima, decidiu-se realizar um novo ensaio reutilizando-se o ensaio 3.

Triturou-se o ensaio 3 com o auxílio da bateadeira industrial. Quando triturada, a mistura foi colocada num humidificador industrial para reativar a cola de coelho, através da aplicação de calor e vapor de água.



Figura 50 - conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 4.

Quando o composto já se apresentava com um aspeto húmido e a colar, retirou-se do humidificador e adicionou-se 3 litros de água (como no ensaio anterior, aqui utilizado, a cola usada era forte na proporção de 1 para 2, assim, decidiu-se adicionar apenas água para diluir a cola para a proporção de 1 para 8 ao invés de se adicionar mais cola) e adicionou-se crê.

Misturou-se todos os componentes com o auxílio de uma bateadeira industrial.



Figura 51 - conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 4.

Formada uma pasta homogénea e consistente, esta foi espalhada de forma igual pelo molde em madeira e prensada com grampos para compactar toda a mistura.

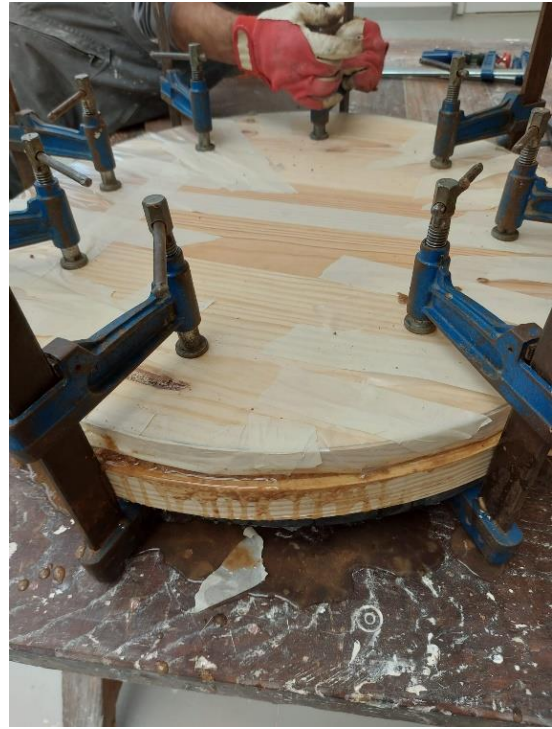


Figura 52 - conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 4.

De seguida foram retiradas ambas as portas do molde e o arco para expor a peça o máximo possível ao ar facilitando a secagem. A mistura ficou a secar por 144h num local arejado. Foi utilizado um desumidificador para ajudar no processo de secagem.



Figura 53 - conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 4.

Resultados/ Observações após 144h

A pasta teve uma notória aceleração na secagem e a peça apresentou-se mais dura e seca que as anteriores, no entanto, muito quebradiça e enfarinhada.

Observou-se que o crê ajuda na secagem e que o problema podia passar pelo ligante. A cola de coelho é uma excelente cola, no entanto é muito líquida e diluída. Já a cola de farinha apresentou-se como um aglutinante mais consistente graças a sua textura pastosa e densa.

Decidiu-se assim testar um novo ensaio com a cola de farinha e crê na crença de que o crê pudesse ajudar no processo de secagem que, até agora, tem-se apresentado como o maior problema em todos os ensaios.

Percebeu-se ainda que a secagem da matéria em cima de uma superfície impermeável ou de madeira, fazia com que a peça não respirasse, havendo retenção de água,

mantendo a peça húmida. Por isso, tornou-se elementar criar um novo suporte que ajudasse na secagem e absorção da humidade da peça.

Optou-se pela produção de um suporte em gesso por se tratar de um material absorvente e económico relativamente a outros.

Produção do suporte em gesso

Com o apoio técnico do técnico Alcides Rodrigues criou-se uma estrutura em madeira (molde) para delimitar o tamanho desejado para o suporte. De seguida foram tapadas todas as fendas do molde com barro e untou-se toda a superfície com sabão para receber o gesso. O gesso foi preparado à parte e depositado por camadas dentro do molde, com tempos de secagem intercalados a cada camada.



Figura 54 - conjunto de imagens do processo de produção do suporte em gesso.

Graças à rápida secagem (parcial) do gesso, após 2h de secagem nivelou-se a superfície e retirou-se o molde. O suporte em gesso ficou a secar por mais 72h até ser utilizado no seguinte ensaio.



Figura 55 - conjunto de imagens do processo de produção do suporte em gesso.

Ensaio 5 – Serrim com cola de farinha de trigo e crê

Matéria:

- 3kg de serrim;

- Cola de farinha (10L de água + 3kg de farinha de trigo sem fermento + 100g de vinagre);

- 3kg de crê;

Produção

Procedeu-se à produção da cola de farinha de trigo, adicionou-se a farinha à água e levou-se ao lume brando até engrossar. Quando pronta foi adicionado o vinagre e envolveu-se bem.



Figura 56 - conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 5.

Ainda com a cola quente, foi adicionado o serrim peneirado aos poucos e misturado até ser todo adicionado. A mistura final apresentou-se homogênea e consistente.



Figura 57 - conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 5.

Quando obtido o ponto da massa, foi adicionado o crê e misturado todo com o auxílio da uma bateadeira industrial.



Figura 58 - conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 5.

Pronta a mistura, foi colocada dentro do molde, que por sua vez, já estava sobre o suporte de gesso anteriormente produzido e seco. A pasta foi espalhada de forma igual por toda a área. O suporte foi revestido por panos para evitar qualquer possibilidade de colagem da peça ao suporte.



Figura 59 - imagem do processo de produção do ensaio 5.

Neste ensaio não houve prensagem da matéria, a materia foi espalhada homogeramente pelo suporte até aos limites do arco e deixada a secar. A prensagem da matéria leva a uma perda significativa do ligante incorporado na matéria pois é espremido, o que resultava numa peça parcialmente mais compacta, no entanto, com menos liga e mais frágil.

A peça foi mantida a secar por 120h num local arejado e sujeita ao desumidificador e ventilador industrial.

Resultado/ Observações apos 48h

A peça ainda se apresentou mole e húmida. Dada a agressividade do processo de secagem com o ventilador a peça foi rachando parcialmente.

Resultado/ Observações apos 120h

A peça apresentou-se mais seca e dura, no entanto, no centro ainda estava mole. Nas fissuras desenvolveu-se a criação de bolor cor de laranja à superfície, provavelmente devida à junção de componentes e possível oxidação. Virada a peça, na outra face, é possível perceber que a peça estava mole, humida e com criação de bolor que se enraizou pela peça.





Figura 61 - imagem do resultado do ensaio 5.

Neste ensaio percebeu-se que, em comparação com o anterior realizado sem crê e com outro suporte, houve uma melhoria notória.



Figura 62 - imagem do resultado do ensaio 2.

A massa ficou mais seca, dura e apresentou menos criação de bolor.

Um fator que pode ter prejudicado a secagem e que levou à retenção da humidade na peça foram os panos que revestiam o suporte. Ao retirar a peça do molde percebeu-se que os panos estavam húmidos e por isso, podem ter originado o bolor na peça, retendo a humidade e apodrecendo-a de baixo para cima.

Posto isto, propôs-se a repetição do ensaio com algumas alterações nomeadamente, adição de mais farinha na produção da cola, de maneira a que esta fique mais pastosa e sem tanta humidade, adição de mais crê para uma melhor secagem e conservação da peça e a secagem da peça ser realizada diretamente sobre o gesso.

Ensaio 6 – Serrim com cola de farinha e crê

Matéria:

- 3kg de serrim;
- Cola de farinha (10L de água + 4kg de farinha de trigo);
- 4kg de crê.

Produção

Iniciou-se o processo pela produção da cola de farinha, adicionou-se a farinha à água e levou-se a mistura numa panela, a lume brando até engrossar. Finalizou-se a cola com 100ml de vinagre e misturou-se bem.

Esta cola ficou mais pastosa que as anteriores como podemos comparar pelas imagens.



Figura 63 - conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 6.

Na cola ainda quente, foi adicionado o serrim e envolveu-se até se obter uma mistura homogênea.



Figura 64 - conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 6.

Posteriormente, foi adicionado o crê à mistura e envolveu-se bem para que fosse distribuído e misturado em toda a massa.



Figura 65 - conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 6.

Obtida uma pasta uniforme e consistente, foi colocada dentro da argola de madeira diretamente sobre o gesso. A pasta foi espalhada de forma igual por toda a superfície até as extremidades do arco. Depois de bem espalhada e alcançada a forma pretendida foi retirado o arco. A massa ficou a secar sobre a superfície de gesso num espaço arejado, juntamente com um desumidificador e um ventilador para acelerar a secagem da pasta.





Figura 66 - conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 6.

Resusltados/ Observações 48h

Peça superficialmente seca e dura mas ainda mole com alguma humidade interior. A exposição ao calor com uma secagem mais agressiva criou as fissuras e rachadelas visíveis na imagem. Estas fissuras apesar de formadas naturalmente foram previstas e assumidas na forma final.



Figura 67 - imagem do resultado do ensaio 6.

A peça não apresentou sinais de bolor e a secagem ocorreu de forma relativamente rápida (comparativamente aos ensaios anteriores).

Neste momento do ensaio foi importante perceber como estava a secagem na outra face da peça que estava em contacto com o gesso. Para isso era necessário virar a peça.

Posto isto, dado o peso da peça, as fissuras (algumas superficiais e outras mais profundas), a secagem ainda precoce e o desconhecimento do estado da outra face da peça, foi necessário estabilizar e adicionar resistência na superfície visível de modo que, a viragem da peça fosse realizada em segurança e protegendo a face visível para que, não fique comprometida quando virada para baixo em contacto com o gesso.

Decidiu-se avançar para a aplicação da resina de pinheiro sobre a superfície visível nas imagens. A resina confere a resistência e segurança necessária à peça, impregnando-se nas fissuras permitindo, depois de seca, virar a peça com uma maior estabilidade. Além disso é um material natural que não só se enquadra teoricamente com a matéria elaborada (resina de pinheiro aplicado na pasta desenvolvida através de desperdício de pinho) como visualmente confere um aspeto tratado e único à peça.

Preparação da resina e aplicação da colofónia

Conforme referido, a colofónia no seu estado natural e temperatura ambiente, apresentou-se sólida em grão, para ser utilizada, a resina foi levada a fogo brando até ficar em estado líquido/ viscoso.



Figura 68 - conjunto de imagens do processo de preparação e aplicação da resina de pinheiro.

Ainda quente, a resina foi vertida sobre a peça para que penetre nas fissuras e seja espalhada por toda a superfície.



Figura 69 - imagem do processo de preparação e aplicação da resina de pinheiro.

A colofónia seca endurece muito rapidamente com o arrefecimento da temperatura, por isso, utilizou-se uma pistola de ar quente que, através da temperatura, manteve a resina líquida para poder ser espalhada por toda a peça.



Figura 70 - conjunto de imagens do processo de preparação e aplicação da resina de pinheiro.

Depois de seca a colofónia ficou como uma película de vidro sobre a peça, selando as fissuras e poros da peça, tornando-a muito mais resistente e mais segura para se manusear.

A peça foi virada e verificou-se que a outra face, até então para baixo, estava ainda um pouco húmida mas, sem sinais visíveis de bolor ou degradação da matéria. A peça foi mantida a secar por mais 48h num local arejado e exposta, igualmente, ao ventilador e junto do desumidificador.

Resultado/ Observação após 48h de se virar a peça

A peça endureceu e secou conforme pretendido, apresentou mais alguma rachadelas à superfície dada a secagem agressiva por base de calor, no entanto sem sinais de fungos ou bolor.

Até ao momento, este ensaio foi o que melhor respondeu as expectativas cumprindo as características pretendidas. Depois de testado um variado leque de matérias e processos de aglutinação, assumiu-se o presente ensaio (ensaio 6) como o mais consistente e o escolhido para o desenvolvimento do produto final.

Foi a partir do presente ensaio que se desenvolveu a produção do produto proposto.

5





PROPOSTA DE PRODUTO

5.1 Desenvolvimento do produto

O projeto concentra-se na investigação de soluções ao nível do design, para o aproveitamento dos desperdícios madeireiros gerados pelas indústrias do mobiliário, nomeadamente o serrim. Aliados ao design de produto, as soluções compreendem-se na aglutinação do serrim com ligantes naturais.

A aplicação de conceitos associados à sustentabilidade, como o reaproveitamento de desperdícios e a utilização de ligantes naturais, são fortes componentes de responsabilidade ambiental e de impacto social.

A sustentabilidade e a produção de produtos com baixo impacto ambiental é uma realidade cada vez mais presente nas empresas tal como a aplicação de métodos ecológicos e não poluentes.

5.2 Constrangimentos dos produtos

A busca por ligantes naturais e de baixo impacto ambiental foi uma preocupação desde o início deste projeto e tornou-se uma característica essencial nos materiais a utilizar para a aglutinação.

No entanto, a utilização destes ligantes naturais, apesar de serem os melhores aliados na produção de produtos sustentáveis, levou a um processo experimental exaustivo devido à falta de conhecimento/documentos e soluções de aplicação com estes ligantes.

A farinha de trigo foi o ligante que melhor respondeu à aglutinação do serrim reunindo as características desejadas para a produção da mesa de centro que se propôs realizar, nomeadamente, dureza, resistência e conservação da cor natural do serrim. Apesar da boa resposta aquando a produção da mesa, e dos aperfeiçoamentos realizados ao longo do processo experimental até chegar à “receita” final de produção, o material ainda demonstra fragilidades a ultrapassar.

5.3 Desenvolvimento de conceito

O desenvolvimento de conceito surge dada a necessidade de encontrar soluções de aplicação para os desperdícios de serrim gerados industrialmente.

O serrim, material de trabalho desta dissertação, é o desperdício resultante do processo de transformação da madeira para produção de mobiliário, por isso, entendeu-se que a matéria-prima deveria voltar à mesma função inicial, produção de mobiliário.

O serrim provém da madeira e volta a ser madeira novamente assumindo a sua forma num material reciclado sustentável e consistente projetado no desenvolvimento de uma peça de mobiliário tal como até então tinha sido destinada.

Com o intuito de projetar uma peça de mobiliário que respeite critérios mais contemporâneos, como a plasticidade dos materiais, preocupações conceituais mais poéticas e menos convencionais, procurou-se um conjunto de artefactos desenvolvidos nesse sentido que inspirassem a produção.



Figura 71 - Banco com agulha de pinheiro.



Figura 72 - material composto de algas marinhas.



Figura 73 - base em pasta de cartão reciclado.



Figura 74 - plástico e cimento.



Figura 75 - compósito de cogumelos e madeira.



Figura 76 - compósito de resíduo madeira e resina.



Figura 77 - folhas e resina.



Figura 78 - reaproveitamento de pó de espuma de poliuretano.



Figura 79 - reciclagem de resíduo têxtil.



Figura 80 - compósito de resíduos de madeira e bio resina.



Figura 81 - mesa de areia.

5.4 Conceito

A proposta de produção da Mesa de Centro surge como resposta à necessidade de encontrar soluções para o desperdício de serrim gerado pelas indústrias durante o processo de transformação da madeira.

Tendo em conta os conhecimentos adquiridos ao longo do processo e abordados nos capítulos anteriores, o processo de desenvolvimento da ideia e criação da peça responde aos seguintes critérios: reutilização de desperdícios, preservação das características da matéria, inovação e sustentabilidade.

Aliado ao design de produto e assumindo os critérios propostos, este projeto apresenta uma abordagem inovadora sobre os processos de aproveitamento do serrim, aplicado na produção de uma mesa de centro invulgar, desde o seu material às formas e texturas pouco convencionais, que tem como propósito realçar as características únicas da matéria-prima e potencializar a sua utilização de forma sustentável.

A comunhão entre o vulgar e o invulgar e a incomum utilização de matérias que são tão comuns no nosso quotidiano (serrim e farinha) é o que torna esta peça tão inquietante.

A presente Mesa de Centro, desenvolvida com materiais orgânicos e naturais, revela-se uma peça única desde o seu processo de produção às características e propriedades do próprio material que tornam cada peça irrepetível. O seu tampo e pernas apresentam-se como um só, sendo esta junção de matérias responsável por realçar o tampo, destacando o material desenvolvido. O seu aspeto quase acidental remete para a sua essência natural como que arrancada do solo, como uma raiz.

A mesa destina-se para uso interior da habitação, podendo ser posicionada no centro de uma divisão, funcionando como elemento decorativo, e possível mesa de apoio temporário.

Para além do produto final, foram criadas ao longo do processo experimental diversas amostras de aglomerados com diferentes ligantes, que visam demonstrar a versatilidade do material quando aglomerado. As amostras não demonstram grande alteração da cor natural do serrim e dependendo da granulometria do serrim utilizado e/ou ligante, foi possível adquirir diferentes texturas e características.

5.5 Produção

5.5.1 Componentes do produto e materiais utilizados

A produção da mesa de centro é dividida em duas partes, nomeadamente, o tampo e as pernas da mesa. O tampo é produzido à base de serrim aglutinado com cola de farinha de trigo e crê. Depois de seco é finalizado com a aplicação de resina de pinheiro e goma laca.

A estrutura metálica que incorpora as pernas é desenvolvida em verguinha de aço de 8mm de espessura.

5.5.2 Processo de fabrico

Assumindo o ensaio 6 como parte constituinte do tampo, passou-se para a produção das pernas da mesa. A ideia para a produção da mesa passa pela incorporação da estrutura metálica das pernas no tampo, isto é, a estrutura superior das pernas ficaria embutida no tampo de serrim aplicando-se uma segunda camada de pasta de serrim, como se pode perceber no seguinte esboço:

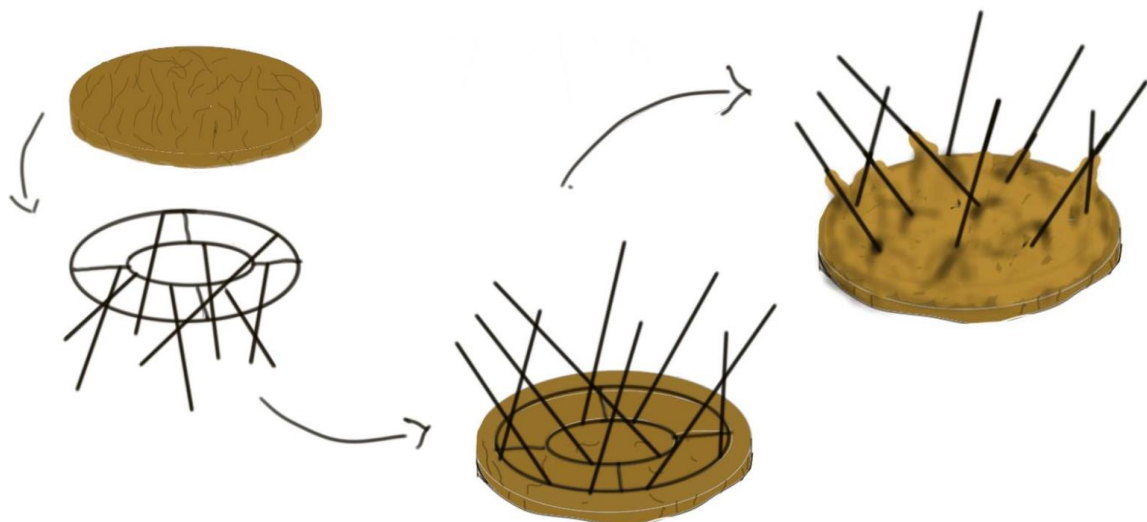


Figura 82 - imagem de projeção do processo de fabrico e montagem da mesa.

Estrutura metálica das pernas da mesa

Iniciou-se a produção pelo suporte das pernas que ficará embutido no tampo. O suporte consiste em duas argolas unidas por quatro pontes.

Para a produção das argolas dobrou-se as verguinha em torno de um cilindro metálico de 65cm de diâmetro e um menor com 33cm de diâmetro.



Figura 83 - conjunto de imagens do processo de produção da estrutura.

De seguida, com o auxílio dos técnicos da oficina, cortou-se o excesso e soldou-se as extremidades para se obter duas argolas de diferentes diâmetros.

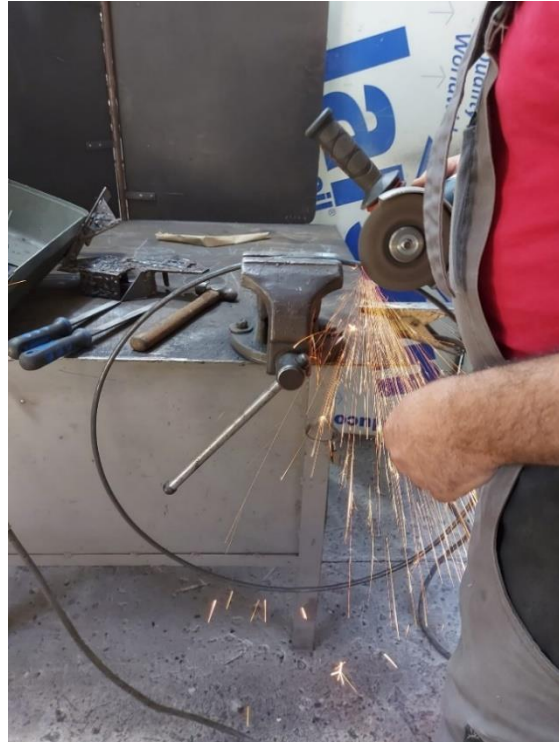


Figura 84 - conjunto de imagens do processo de produção da estrutura.



Figura 85 - conjunto de imagens do processo de produção da estrutura.

Depois de soldado, limpou-se a solda com uma vassoura de arame e foi lixada, para ficar com um acabamento limpo e uniforme sem poros.

Cortou-se quatro pedaços de verguinha do mesmo tamanho para fazer a ligação entre as duas argolas. Quando posicionadas, foram soldados os pontos e repetiu-se a limpeza da solda.



Figura 86 - conjunto de imagens do processo de produção da estrutura.

Terminada a estrutura que incorpora o tampo, avançou-se para a produção e aplicação das pernas na estrutura.

As pernas foram dispostas de forma aleatória pela estrutura. A aleatoriedade foi controlada e limitada para não fragilizar a estrutura, esta deve ser estável e resistente para além da estética desejada.

Cada perna foi cortada e soldada, individualmente, na posição pretendida. O corte e nivelamento de todas as pernas foi realizado depois de todas soldadas. A referência para o corte e medição das pernas foi feita através de um laser que projeta uma linha horizontal por todas as pernas e marca em cada os 40cm de altura pretendidos.



Figura 87 - conjunto de imagens do processo de produção da estrutura.



Figura 88 - imagem do processo de produção da estrutura.

Soldadas e cortadas as pernas, passou-se para os acabamentos de limpeza das soldas e lixagem. De seguida, a estrutura foi polida e pintada levemente com tinta de cor preta mate.

Resultado da estrutura



Figura 89 - conjunto de imagens do resultado da produção da estrutura.

Aplicação da estrutura

Produzida a estrutura e assumindo o ensaio 6 como parte do tampo da peça final, passou-se para a aplicação da estrutura.

Para aplicação da estrutura, foi produzida novamente a pasta de serrim com cola de farinha na mesma proporção definida no ensaio 6. Esta segunda porção de pasta terá a função de fixar e embutir parte da estrutura metálica à primeira parte do tampo produzida, ficando apenas parte das penas visíveis. Deste modo, visualmente, a estrutura atenua-se na peça ficando em segundo plano, no entanto, a nível estrutural, ao estar embutida no tampo confere à peça mais estabilidade e resistência.

Produzida novamente a pasta de serrim, foi aplicada uma camada de pasta sobre a face da peça, anteriormente virada e seca. Nesta camada, ainda fresca, foi aplicada a estrutura.



Figura 90 - conjunto de imagens do processo de colocação da estrutura e produção da peça final, mesa de centro.

As seguintes camadas sobre a estrutura foram aplicadas de forma “tosca” e desigual para criar o efeito rugoso que se pode observar na imagem.



Figura 91 - imagem do processo de colocação da estrutura e produção da peça final, mesa de centro.

Finalizado o processo, a materia ficou a secar por 144h. A secagem realiza-se numa sala ventilada com a ajuda de um ventilador e um desumidificador no intuito de acelerar e auxiliar na secagem do material.



Figura 92 - conjunto de imagens do processo de colocação da estrutura e produção da peça final, mesa de centro.

Após as 144h, a massa apresentou-se bem seca e dura com o aspeto pretendido. Posto isto, a peça foi virada e passou a ser suportada pelas pernas.

Percebeu-se que a face da mesa onde foi aplicada a resina apresentou algumas irregularidades e imperfeições causadas pelo peso e contacto direto com a outra superfície.

Deste modo, graças à reversibilidade da resina através da aplicação de calor, é utilizada a pistola de ar quente para espalhar novamente a resina por toda a superfície, cobrindo todas as fissuras e camadas da peça.

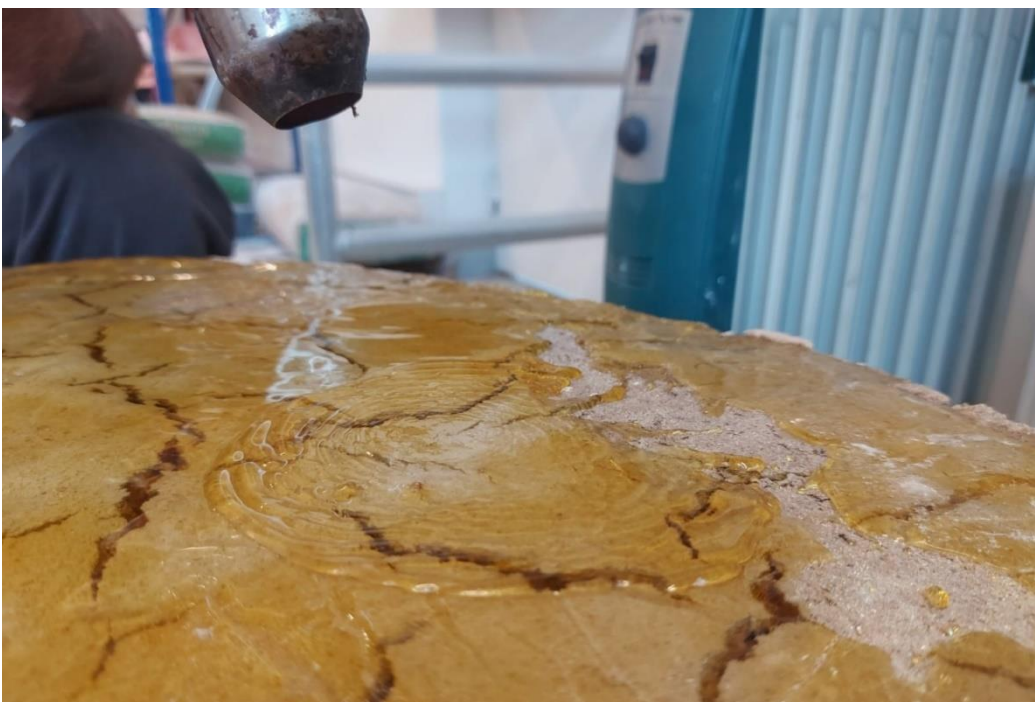


Figura 93 - conjunto de imagens do processo de produção da peça final, mesa de centro.

Acabamentos finais

As laterais da mesa apresentaram-se irregulares e pontiagudas, sendo estas posteriormente lixadas para conferir à mesa uma maior elegância, contrastando com a sua face inferior.



Figura 94 - conjunto de imagens do processo de produção da peça final, mesa de centro.

Sobre a superfície lateral lixada foi aplicada goma laca para envernizar e proteger a matéria.



Figura 95 - conjunto de imagens do processo de produção da peça final, mesa de centro.

Para finalização da peça, poliu-se o tampo para uniformizar a superfície e retirar o excesso de resina, deixando apenas a resina impregnada nas fissuras da matéria.





Figura 96 - conjunto de imagens do processo de produção da peça final, mesa de centro.

Por fim, foi aplicada goma laca sobre a superfície polida.

5.6 Análise de custo

No desenvolvimento do produto tornou-se crucial realizar um levantamento do custo de produção do mesmo desde o material à mão de obra, com o objetivo de entender se o orçamento é economicamente viável e competitivo a nível de mercado. As tabelas seguintes apresentam os valores aproximados de produção do produto desenvolvido.

Matéria	Referencia	Fabricante	Quantidade	Custo	Peça
Serrim	pinho	Carpiguima	7 kg	-	-
Farinha de trigo	Farinha de trigo	vários	8kg	0,84 cêntimos o kilo	6,72 euros
Gesso crê		vários	8kg	1,25 euros o kilo	10 euros
Resina de pinheiro	Colofónia	vários	1kg	10,50	10,50

Goma laca		vários	100g	11,30 euros 100g	11,30
Verguinha de ferro			9m	6euros cada verguinha de 6 m	9
Molde	Arco em madeira	vários	3x 2,20m	3 uni. 3,70	3,70
Custo final					51,22

Tabela 5 análise de custo, materiais

Componente	Mão de obra	Custo á hora	Custo
Estrutura metálica	Corte, montagem e soldagem da estrutura	15 euros	20 euros
Tampo	Produção da massa e aplicação	15 euros	30 euros
Custo final			50 euros

Tabela 6 análise de custo, produção

Estima-se que a construção de um exemplar desta mesa de centro rondaria os 101,22 euros, podendo diminuir os custos de produção caso fosse produzida várias peças, rentabilizando o tempo de produção nomeadamente a produção da estrutura.

Relativamente ao tampo e produção da pasta de serrim, não está estimado no custo o tempo de secagem da matéria e o gasto energético do ventilador, secador e desumidificador. O tempo de secagem poderia ser rentabilizado com equipamentos e espaço adequados para esse fim, proporcionando uma ventilação constante e aquecimento da temperatura controlada.

O tempo de produção também estima uma diminuição por peça numa produção em maior escala dada a capacidade de produzir maior quantidade de massa de uma vez, com material adequado para aquecimento da pasta e mistura da mesma.

6





PROTÓTIPO FINAL





Figura 97 - conjunto de imagens do produto final.

7





CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 Conclusão

Após a tomada de consciência do impacto ambiental causado pelos desperdícios madeireiros gerados pela indústria transformadora surge a preocupação e o desejo de combater este problema. Tendo como principais aliados o design e a sustentabilidade, procurou-se na presente dissertação soluções para a reutilização da matéria-prima em forma de resíduo – o serrim.

Na revisão de literatura investigou-se o serrim quanto às suas características e propriedades, percebendo quais as que se pretendiam preservar durante o processo de transformação do desperdício e produção do produto, nomeadamente, a cor natural do serrim, granulometrias do desperdício e a natureza da matéria, sendo uma matéria-prima natural são utilizados ligantes naturais.

Foi realizado, junto das empresas Carpiguima e JOM Indústria, um levantamento dos desperdícios madeireiros gerados durante a fase de transformação da matéria-prima. Este levantamento tornou-se essencial para consolidar a perceção geral da quantidade de desperdícios gerados e a necessidade de reaproveitar este subproduto. Junto das empresas realizou-se igualmente um levantamento físico do serrim para transformação e aplicação em soluções de design.

Tendo em conta os objetivos propostos e metodologia adotada na presente dissertação, deu-se início ao processo experimental de transformação do serrim. Desde o início existiu a preocupação pela utilização de materiais sustentáveis e amigos de ambiente, isto levou a uma exploração exaustiva por aglutinantes e colas naturais que cumprissem as características necessárias para a produção do produto. Desta forma, durante o processo experimental, explorou-se ligantes mais comuns como cimento e gesso, ligantes naturais à base farinhas (farinha de trigo e amido de milho) e colas de proteína animal (cola de coelho).

Para testar a matéria desenvolvida no processo de produção de aglutinação do serrim com o ligante selecionado (farinha de trigo e crê), desenvolveu-se um conceito relacionado com o design de mobiliário. O conceito consiste na produção de uma mesa de centro que visa promover o serrim, realçando as suas características naturais, cor e granulometria. O tampo é, no seu todo, desenvolvido em serrim aglutinado com ligante

natural, desenvolvido à base de farinha de trigo, água e crê, suportado numa estrutura metálica semi-embutida que compõe as pernas da mesa.

O protótipo desenvolvido tem como objetivo a validação do conceito e promoção do mesmo. Deste modo, foi possível concluir a validação do conceito de acordo com a metodologia aplicada.

Face ao exposto, é possível assegurar que o trabalho proposto promove a valorização e reutilização da matéria-prima em forma de resíduo, transformando-o numa mesa de centro. Uma aplicação inovadora assente nos conceitos de sustentabilidade e reutilização.

É importante referir, não desfazendo do trabalho desenvolvido e peça produzida, que esta é não é uma investigação acabada, pelo que, de seguida serão apresentadas as perspetivas futuras para a continuação do desenvolvimento desta investigação.

7.2 Perspetivas futuras

Ao logo do desenvolvimento desta dissertação adquiriu-se vastos conhecimentos sobre os assuntos abordados e resultados que podem ser sujeitos a aperfeiçoamentos. O presente estudo não se encontra terminado. Assim sendo, pode ser dada continuidade ao trabalho desenvolvido.

Apresenta-se desde já algumas sugestões e propostas de intervenções futuras e aperfeiçoamentos no sentido de melhorar o produto desenvolvido.

- Aperfeiçoamento do ligante natural à base de farinha de trigo e crê de modo a estabilizar a matéria e melhorar a sua conservação a longo prazo, impedindo a possível criação de fungos a 100%;
- Procurar alternativas de secagem da matéria de forma mais rápida, económica e eficaz;
- Possibilitar a produção do produto com métodos de produção mais adaptados à indústria;
- Caracterizar o material em termos de propriedades mecânicas e validação do mesmo através da realização de ensaios mecânicos específicos;

- Explorar novas ideias e exemplos de aplicação possíveis para a matéria desenvolvida;
- Avaliar a possível inserção da proposta no mercado. Para além do estudo de custo de produção realizado seria necessário a realização de um estudo de viabilidade económico-financeira do mesmo;
- Testar o produto em contexto real de uso para se perceber a sua funcionalidade e tempo de vida útil.

BIBLIOGRAFIA/ WEBGRAFIA

- AEP, A. E. d. P.-. (2011). *FICHAS TÉCNICAS DE RESÍDUOS - Resíduos Menos*
<https://www.yumpu.com/pt/document/read/12757631/fichas-tecnicas-de-residuos-residuos-menos-aep>
- AFN, A. F .N.-.(2012) .REGIÕES DE PROVENIÊNCIA PORTUGAL
<https://www.icnf.pt/api/file/doc/7eba73fd7d9976f1>
- Avinoam, Y. (2009, 2009-08-25). 'shavings' stool. @designboom.
<https://www.designboom.com/design/shavings-stool-by-yoav-avinoam/>
- Bakker, C. A. (1995). *Environmental Information for Industrial Designers* Faculty Industrial Design Engineering]. <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:35b9dbef-3718-40fc-b64a-178b1cd0fed8/datastream/OBJ/download>
<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:35b9dbef-3718-40fc-b64a-178b1cd0fed8>
- Barba-Court, K. (2018, 2018-10-30). *Hattern Studio's 'Zero Per Stool' is an Eco-Friendly Chair Using Discarded Wood* - PLAIN Magazine. @plain_mag.
<https://plainmagazine.com/hattern-zero-per-stool/>
- Brundtland, G. H. (1991). *Nosso Futuro Comum. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento* (R. d. J. Editora da Fundação Getulio Vargas, 1991, Ed. Vol. 2ª edição).
- Carvalho, A. d. (1996). *Madeiras portuguesas: Estrutura Anatômica, Propriedades, Utilizações* (Instituto Florestal, Lisboa, Vol. 1).
- Carvalho, A. d. (1997). *Madeiras portuguesas : estrutura anatômica, Propriedades, Utilizações* (Instituto Florestal, Lisboa, Vol. 2).
- Coutinho, J. d. S. (2006). *Materiais de construção 2: 1ª Parte-ligantes e caldas* Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - FEUP].
- Couto, P. B. d. S. A. (2015). *Estudo das propriedades mecânicas de compósitos de goma-laca termoformados* Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - FEUP].
- Derringer, J. (2010, 2010-12-22). *50% Sawdust by Kulla Design*. @designmilk. <https://designmilk.com/50-sawdust-by-kulla-design/>
- EGP, E. d. G. d. P.-. (2007). *Estudo Estratégico das Indústrias de Madeira e Mobiliário*.
- Folly, A. C. e. C. (2013). *RIPA Design* <https://ripadesigndotcom.wordpress.com/>
- Fontes, P. J. P. d. (1994). *Auto-Suficiência Energética em Serraria de Pinus e Aproveitamento dos Resíduos* UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANA - SETOR DE CIÊNCIAS AGRARIAS].

- França, C. L. d. B., K. de Melo. (2009). *UMA NOVA ALTERNATIVA PARA CONSOLIDAÇÃO DE OBJETOS EM MADEIRA – A UTILIZAÇÃO DE MICROESFERAS DE VIDRO COMO CARGA EM AGLUTINANTES PROTEICOS* Universidade Federal de Minas Gerais].
- INETI, I. N. D. E. E. T. I.-. (2000). *GUIA TÉCNICO SECTORIAL - INDÚSTRIA DA MADEIRA E DO MOBILIÁRIO*. <https://docplayer.com.br/19350672-Guia-tecnico-sector-da-industria-da-madeira-e-do-mobiliario-lisboa.html>
- IUCN, I. U. f. C. o. N. a. N.-. (1980). *WORLD CONSERVATION STRATEGY: Living Resource Conservation for Sustainable Development*.
- Moreschi, P. D. J. C. (2005). *PROPRIEDADES DA MADEIRA UFPR*. <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasmoreschi/PROPRIEDADES%20DA%20MADEIRA.pdf>
- Panshin, A. J. (1970). *Textbook of wood technology* (3 ed.). [https://catalogue-nla.gov-au.translate.goog/Record/376601?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-PT&_x_tr_pto=sc](https://catalogue-nla.gov.au.translate.goog/Record/376601?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-PT&_x_tr_pto=sc)
- Papanek, V. J. (1971). *Design for the real world; human ecology and social change* (1st American ed.). Pantheon Books.
- Papanek, V. J. (1995). *The Green Imperative- Ecology and Ethics in Design and Architecture*. Thames and Hudson.
- Pereira, J. M. R. (2015). *Estimativa do potencial produtivo de resina em pinheirobravo no concelho de Castro Daire* Universidade de Lisboa].
- Pestana, A. S. e. M. (2022). *Polimerização dos Ácidos Resínicos: Uma Breve Revisão* <https://silva-lusitana.edpsciences.org/articles/silu/pdf/2022/01/silu2022301p41.pdf>
- Portugal, B. d. (2018). *Análise das empresas dos setores da madeira, da cortiça e do papel 2012-2016*. https://www.bportugal.pt/sites/default/files/anexos/documentos-relacionados/nie_estudo_24_2016.pdf
- Publico. (2011). Deposição de lixo em aterros desceu na UE mas subiu em Portugal. *Publico*. <https://www.publico.pt/2011/01/19/sociedade/noticia/deposicao-de-lixo-em-aterros-desceu-na-ue-mas-subiu-em-portugal-1476105>
- Publico. (2021). Portugal produziu em 2020 mais resíduos e não chegou perto das metas de reciclagem. *Publico*. <https://www.publico.pt/2021/11/08/sociedade/noticia/portugal-produziu-2020-residuos-nao-chegou-perto-metas-reciclagem-1984170>
- Ramuz, M. (2002). *A Enciclopédia do Trabalho em Madeira* (Lisboa: Livros e Livros).
- Silva, K. A. d. (2017). *ANÁLISES REOLÓGICAS E FÍSICO- QUÍMICAS DA FARINHA DE TRIGO DE SEIS DIFERENTES CULTIVARES RECOMENDADAS PARA O ESTADO DO PARANÁ* UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ].

- SonaeArauco. (2016). *PRODUTOS PARA CONSTRUÇÃO E MOBILIÁRIO*
https://www.banema.pt/fotos/produtos/downloads/produtos_para_construcao_e_mobiliario_3__11371300125db9a4461c46a.pdf
- SPM, S. P. d. M.-. (2015). *Utilização de colas naturais para placas de derivados de madeira—uma síntese* (0870-8312). (Ciência & Tecnologia dos Materiais Issue.
https://run.unl.pt/bitstream/10362/17098/3/CTMAT-D-14-00025R2_Manuscript.pdf
- Steenfatt, N. (2013, 2013-09-11). *Impasto by Nikolaj Steenfatt*. @dezeen.com
<https://www.dezeen.com/2013/09/11/impasto-by-nikolaj-steenfatt/>
- UFMA, S. d. J. P. e. (2014, 2014-11-28). *Blocos de concreto são fabricados com reaproveitamento de madeira*. <https://imirante.com/noticias/sao-luis/2014/11/28/blocos-de-concreto-sao-fabricados-com-reaproveitamento-de-madeira>
- UFMG, G. R. C. e. (2016). *Ligno: material compósito com resíduo de madeira* Escola de Arquitetura - UFMG].
https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/40822/2/Ligno_material%20comp%C3%B3sito%20com%20res%C3%ADduo%20de%20madeira_Glaucinei.pdf
- Zenid, B. G. J. (2009). *MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL* Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - IPT].

Índice de Figuras

- Figura INTRUDUÇÃO 1
 Fonte:<http://www.portalmacauba.com.br/2020/03/madeira-pode-substituir-petroleo-na.html> – Data de acesso 12/08/2022
- Figura ESTADO DA ARTE 13
 Fonte:<https://allmadloja.com.br/wp-content/uploads/2019/10/Como-trabalhar-com-serragem.webp> – Data de acesso 12/08/2022
- Figura 1 - Diagrama do processo de fabrico típico dos subsectores de Carpintaria e de Fabrico de Mobiliário de Madeira (INETI, 2000) 18
 Fonte: <https://docplayer.com.br/19350672-Guia-tecnico-sector-da-industria-da-madeira-e-do-mobiliario-lisboa.html> – Data de acesso 22/03/2022

- Figura 2 – Opções de gestão residual (AEP, 2011) 22
Fonte: [FICHAS TÉCNICAS DE RESÍDUOS - Resíduos Menos - AEP \(yumpu.com\)](#)
– Data de acesso 28/03/2022
- Figura 3 - Estimativa da quantidade de subprodutos e de resíduos 23
de madeira (sem casca) gerados no subsector da Serração (1998), (INETI, 2000)
Fonte: <https://docplayer.com.br/19350672-Guia-tecnico-sector-da-industria-da-madeira-e-do-mobiliario-lisboa.html> – Data de acesso 06/04/2022
- Figura 4 - Estimativa da quantidade de resíduos de madeira 23
(sem casca) gerados no subsector dos Painéis de Partículas e de Fibras
(1998), (INETI, 2000)
Fonte: <https://docplayer.com.br/19350672-Guia-tecnico-sector-da-industria-da-madeira-e-do-mobiliario-lisboa.html> – Data de acesso 06/04/2022
- Figura 5 - MDF | AGLOMERADO DE FIBRAS DE MÉDIA 24
DENSIDADE_ SonaeArauco(2016)
Fonte: https://www.banema.pt/fotos/produtos/downloads/produtos_para_construcao_e_mobiliario_3_11371300125db9a4461c46a.pdf –
Data de acesso 23/04/2022
- Figura 6 - OSB | AGLOMERADO DE PARTÍCULAS LONGAS E 24
ORIENTADAS_ SonaeArauco (2016)
Fonte: https://www.banema.pt/fotos/produtos/downloads/produtos_para_construcao_e_mobiliario_3_11371300125db9a4461c46a.pdf –
Data de acesso 23/04/2022
- Figura 7 - PB | AGLOMERADO DE PARTÍCULAS_ SonaeArauco (2016) 24
Fonte: https://www.banema.pt/fotos/produtos/downloads/produtos_para_construcao_e_mobiliario_3_11371300125db9a4461c46a.pdf –
Data de acesso 24/04/2022
- Figura 8 – Pellets 24
Fonte: <http://pelletbraz.com.br/> – Data de acesso 24/04/2022

Figura 9 – Briquettes	24
Fonte: http://www.nyassa.mw/ideas/briquettes – Data de acesso 24/04/2022	
Figura 10 – Combustão, queima dos resíduos madeireiros	25
Fonte: https://core.ac.uk/download/pdf/143396447.pdf – Data de acesso 26/04/2022	
Figura 11 – Compostagem, utilização dos resíduos como fertilizantes	25
Fonte: https://www.setorreciclagem.com.br/compostagem/compostagem-como-fazer/ – Data de acesso 26/04/2022	
Figura 12 – Conjunto de imagens do projeto RIPA Design (Folly, 2013)	26
Fonte: https://ripadesigndotcom.wordpress.com/ – Data de acesso 10/05/2022	
Figura 13 – Conjunto de imagens do projeto Zero Per Stool (Barba-Cout, 2018) Fonte: https://plainmagazine.com/hattern-zero-per-stool/ – Data de acesso 10/05/2022	27
Figura 14 – imagem do produto, projeto Ligno (UFMG, 2016)	28
Fonte: https://sites.arg.ufmg.br/ea/wp-content/uploads/2019/03/Ligno_foto_will.jpg – Data de acesso 11/05/2022	
Figura 15 – Conjunto de imagens do projeto Impasto (Steenfatt, 2013)	30
Fonte: https://www.dezeen.com/2013/09/11/impasto-by-nikolaj-steenfatt/ – Data de acesso 11/05/2022	
Figura 16 – Conjunto de imagens do projeto Shavings (Avinoam, 2009)	31
Fonte: https://www.designboom.com/design/shavings-stool-by-yoav-avinoam/ – Data de acesso 11/05/2022	
Figura 17 - Conjunto de imagens do projeto 50% Sawdust	32
Fonte: https://design-milk.com/50-sawdust-by-kulla-design/ – Data de acesso 11/05/2022	
Figura 18 Conjunto de imagens do projeto Blocos Ecológicos. (UFMA, 2014)	33
Fonte: https://imirante.com/noticias/sao-luis/2014/11/28/blocos-de-	

[concreto-sao-fabricados-com-reaproveitamento-de-madeira](#) – Data de acesso 11/05/2022

Figura LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS DESPERDÍCIOS 35

Fonte: <https://agapritas-zala.hu/kapcsolat> – Data de acesso 12/08/2022

Figura 19 Conjunto de imagens do desenho técnico dos candeeiros a desenvolver Fonte: Carpintaria Carpiguima, 2022 41

Figura 20 – CNC 42

Fonte: <https://www.istockphoto.com/es/fotos/router-cnc> – Data de acesso 25/05/2022

Figura 21 - Serrim de pinho

42

Fonte: Beatriz Marinho, 2022

Figura 22 - Trabalho com placa de aglomerado 42

Fonte: <https://www.jomindustria.com/wp-content/uploads/2019/12/DSC1459.jpg> – Data de acesso 25/05/2022

Figura 23 – Serrim de Aglomerado 42

Fonte: Beatriz Marinho, 2022

Figura 24- madeira serrada, pinho silvestre sem tratamento 45

Fonte: <https://www.carmo.com/pt/produtos/madeiras-2/madeiras-serradas-27/madeira-serrada-pinho-silvestre-sem-tratamento-406> –

Data de acesso 16/06/2022

Figura 25 - Aglomerado de partículas revestido a melamina, JOM INDÚSTRIA 46

Fonte: <https://pt.linkedin.com/company/jom-ind%C3%BAstria> – Data de acesso 17/06/2022

Figura METODOLOGIA DE TRANSFORMAÇÃO 47

Fonte: https://br.freepik.com/fotos-premium/lascas-de-madeira-ou-serradura-obtidas-da-industria-de-transformacao_3980452.htm – Data de acesso 13/08/2022

Figura 26 conjunto de imagens de cimento	51
Fonte: https://www.eterfran.com.br/p-cimento-itaou-50kg-cimento – Data de acesso 21/06/2022	
Figura 27 conjunto de imagens de gesso	52
Fonte: https://materioteca.paginas.ufsc.br/gesso/ – Data de acesso 21/06/2022	
Figura 28 Crê ou gesso holandês	52
Fonte: https://materiaisartisticos.com.br/produto/gesso-cre-lacxe-1kg/ – Data de acesso 21/06/2022	
Figura 29 Amido de milho	53
Fonte: https://www.mundoboaforma.com.br/amido-de-milho/ – Data de acesso 22/06/2022	
Figura 30 Farinha de trigo	54
Fonte: https://feijaoveneza.com.br/farinha-de-trigo-integral-fina-5-kg-pacote – Data de acesso 22/06/2022	
Figura 31 Cola de coelho desidratada	55
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 32 Cola de coelho hidratada	55
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 33 Colofónia em processo de aquecimento	56
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 34 Goma laca em cristais	57
Fonte: https://www.papelariamodelo.pt/pt/catalogo/aditivos-colas/goma-laca/goma-laca-limao-palhetas/ – Data de acesso 1/07/2022	
Figura 35 Conjunto de imagens do processo produtivo do molde circular em madeira	75
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	

Figura 36 Conjunto de imagens do processo produtivo do molde circular em madeira	75
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 37 Conjunto de imagens do processo produtivo do molde circular em madeira	76
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 38 conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 1	79
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 39 conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 1	80
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 40 conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 1	80
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 41 conjunto de imagens do resultado do ensaio 1	82
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 42 conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 2	83
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 43 imagem do processo de produção do ensaio 2	83
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 44 conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 2	84
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 45 conjunto de imagens do resultado do ensaio 2	85
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 46 conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 3	86
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 47 conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 3	86
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	

Figura 48 conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 3	87
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 49 conjunto de imagens do resultado do ensaio 3	88
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 50 conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 4	89
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 51 conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 4	90
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 52 conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 4	90
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 53 conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 4	91
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 54 conjunto de imagens do processo de produção do suporte em gesso	92
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 55 conjunto de imagens do processo de produção do suporte em gesso	93
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 56 conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 5	94
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 57 conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 5	94
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 58 conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 5	95
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 59 imagem do processo de produção do ensaio 5	95
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 60 imagem do resultado do ensaio 5	96
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	

Figura 61 imagem do resultado do ensaio 5	97
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 62 imagem do resultado do ensaio 2	97
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 63 conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 6	99
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 64 conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 6	99
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 65 conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 6	100
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 66 conjunto de imagens do processo de produção do ensaio 6	101
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 67 imagem do resultado do ensaio 6	101
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 68 conjunto de imagens do processo de preparação e aplicação da resina de pinheiro	102
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 69 imagem do processo de preparação e aplicação da resina de pinheiro	103
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 70 conjunto de imagens do processo de preparação e aplicação da resina de pinheiro	103
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura PROPOSTA DE PRODUTO	105
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 71 Banco com agulha de pinheiro	109
Fonte: https://i.furniturehomewares.com/images/023/img-3786.jpg –	
Data de acesso 02/08/2022	

Figura 72 material composto de algas marinhas	109
Fonte: https://pin.it/7CvEnTa - Data de acesso 02/08/2022	
Figura 73 base em pasta de cartão reciclado	110
Fonte: https://pin.it/4Tcl6wm - Data de acesso 02/08/2022	
Figura 74 plástico e cimento	110
Fonte: https://pin.it/22vqpH9 Data de acesso 02/08/2022	
Data de acesso 02/08/2022	
Figura 75 compósito de cogumelos e madeira	110
Fonte: https://pin.it/1sBLOCi - Data de acesso 02/08/2022	
Figura 76 compósito de resíduo madeira e resina	111
Fonte: https://pin.it/3hNHGOu - Data de acesso 04/08/2022	
Figura 77 folhas e resina	111
Fonte: https://pin.it/12wSdYz - Data de acesso 04/08/2022	
Figura 78 reaproveitamento de pó de espuma de poliuretano	111
Fonte: https://pin.it/6TsZfsz - Data de acesso 04/08/2022	
Figura 79 reciclagem de resíduo têxtil	111
Fonte: https://pin.it/69uBpFc - Data de acesso 04/08/2022	
Figura 80 compósito de resíduos de madeira e bio resina	112
Fonte: https://pin.it/6REfm7q e https://pin.it/3cflljh	
Data de acesso 04/08/2022	
Figura 81 mesa de areia	112
Fonte: https://pin.it/3u6beUA - Data de acesso 04/08/2022	
Figura 82 imagem de projeção do processo de fabrico e montagem da mesa	114
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 83 conjunto de imagens do processo de produção da estrutura	115
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	

Figura 84 conjunto de imagens do processo de produção da estrutura	116
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 85 conjunto de imagens do processo de produção da estrutura	116
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 86 conjunto de imagens do processo de produção da estrutura	117
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 87 conjunto de imagens do processo de produção da estrutura	118
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 88 imagem do processo de produção da estrutura	119
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 89 conjunto de imagens do resultado da produção da estrutura	120
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 90 conjunto de imagens do processo de colocação da estrutura e produção da peça final, mesa de centro	121
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 91 imagem do processo de colocação da estrutura e produção da peça final, mesa de centro	122
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 92 conjunto de imagens do processo de colocação da estrutura e produção da peça final, mesa de centro	122
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 93 conjunto de imagens do processo de produção da peça final, mesa de centro	123
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 94 conjunto de imagens do processo de produção da peça final, mesa de centro	124
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	

Figura 95 conjunto de imagens do processo de produção da peça final, mesa de centro	125
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 96 conjunto de imagens do processo de produção da peça final, mesa de centro	126
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura PROTOTIPO FINAL	129
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura 97 conjunto de imagens do produto final	132
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Figura CONSIDERAÇÕES FINAIS	133
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	

Índice de Tabelas

Tabela 1 Consumo de matéria-prima no setor da madeira e do mobiliário em 1998	22
Fonte:(INETI, 2000) https://docplayer.com.br/19350672-Guia-tecnico-sector-da-industria-da-madeira-e-do-mobiliario-lisboa.html - Data de acesso 25/03/2022	
Tabela 2 descrição dos ensaios realizados	62
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Tabela 3 descrição dos ensaios realizados	70
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Tabela 4 descrição dos ensaios realizados	77
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	
Tabela 5 análise de custo, materiais	126
Fonte: Beatriz Marinho, 2022	

Tabela 6 análise de custo, produção

127

Fonte: Beatriz Marinho, 2022