



**Carina Alexandra
Vieira Veríssimo**

**O design de produtos de suporte para o comércio
hortícola e de flores**



**Carina Alexandra
Vieira Veríssimo**

**O design de produtos de suporte para o comércio
hortícola e de flores**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Design de Produto, realizada sob a orientação científica do Doutor Fábio António Oliveira Fernandes, Professor Investigador Auxiliar em regime laboral do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro, e da Doutora Lígia Maria Pinto Lopes, Professora Auxiliar da Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto.

Esta dissertação teve o apoio dos projetos UIBD/00481/2020 e UIDP/00481/2020 – Fundação para a Ciência e a Tecnologia; e CENTRO-01-0145 FEDER-022083 – Programa Operacional Regional do Centro (Centro2020), através do Portugal 2020 e do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional.

o júri

presidente

Prof. Doutor Ricardo José Alves de Sousa
Professor Auxiliar com Agregação da Universidade de Aveiro

vogal

Professor Sérgio Gomes Pires Gonçalves
Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Leiria (arguente)

Doutor Rui Miguel Teixeira Novais
Investigador Auxiliar da Universidade de Aveiro (arguente)

Doutor Fábio António Oliveira Fernandes
Investigador Auxiliar em regime laboral na Universidade de Aveiro (orientador)

agradecimentos

À minha mãe que sempre me encorajou a prosseguir os meus sonhos e a nunca desistir de nada, por me fazer querer ser melhor.

À minha restante família (em especial ao meu namorado) pela imensa paciência e confiança depositada em mim, bem como o apoio e amor incondicional, mesmo quando eu própria não acreditava no projeto ou em mim mesma.

Às minhas amigas pelo apoio, ajuda e orgulho depositado em cada etapa do trabalho.

Ao meu orientador pela confiança, ajuda e apoio constante.

Por fim, a todos aqueles que de alguma forma me auxiliaram nesta grande etapa da minha vida.

Sou grata a todos vós.

palavras-chave

design de produto, sustentabilidade, hortícolas, materiais naturais, biodegradabilidade, eco design.

resumo

Este projeto parte do âmbito da criação de materiais biodegradáveis que integram e valorizam o desperdício de produtos provenientes da horticultura, com vista na diminuição do uso de plástico neste setor.

Os materiais, são o que torna uma ideia, projeto ou desenho em algo tangível, algo físico e real, por serem o elemento base de qualquer produto. Por essa razão, existe uma exploração da sua importância como elemento essencial e relação com a prática do design.

Destacam-se abordagens no campo da sustentabilidade, refletindo como os materiais têm a capacidade de ser impactantes numa mudança ecológica de cada produto bem como na aprendizagem de metodologias associadas à sustentabilidade nos materiais e no Planeta, que inspiram e auxiliam o guião do projeto. Toda esta informação é retida e contextualizada de forma a complementar uma metodologia prática, do qual resultam experiências e explorações de novos materiais.

O percurso passa por várias fases: uma inicial de exploração de receitas base; pela criação de amostras e por fim, pela comparação das mesmas até à obtenção do material final. Ao longo da descoberta destes materiais, cada um é sujeito a uma fase de foco, onde a seleção é feita conforme os requisitos pretendidos para o produto final. Após esta seleção, existem afinações de receitas e exploração de novos materiais, com base na forma. Como resultado, apresenta-se um vaso biodegradável a partir dos desperdícios de hortícolas, onde este é submetido a vários ensaios, dos mecânicos aos ambientais, demonstrando as suas características e validando cada requisito imposto no início do desenvolvimento do projeto.

O resultado permite implementar uma solução viável e estratégica da sustentabilidade na agricultura, uma diminuição considerável do uso excessivo de plástico, sendo este o principal foco de solução através do design.

keywords

product design, sustainability, horticultural, natural materials, biodegradability, eco design.

abstract

This project is part of the creation of biodegradable materials that integrate and value the waste of products from horticulture, to reduce the use of plastic in this sector.

Materials are what turn an idea, project or design into something tangible, something physical and real, as they are the base element of any product. For this reason, there is an exploration of its importance as an essential element and relationship with the practice of design.

Approaches in the field of sustainability stand out, reflecting how materials can be impactful in the ecological change of each product, as well as in learning methodologies associated with sustainability in materials and in the Planet, which inspire and help the project's script. All this information is retained and contextualized in order to complement a practical methodology, resulting in experiments and explorations of new materials.

The path goes through several stages: an initial exploration of base recipes; by creating samples and finally, comparing them until obtaining the final material. During the discovery of these materials, each one is subject to a focused phase, where the selection is made according to the intended requirements for the final product. After this selection, there are refinements of recipes and exploration of new materials, based on the form. As a result, a biodegradable vase is presented from horticultural waste, where it is subjected to several experimental tests, from mechanical to environmental, demonstrating its characteristics and validating each requirement imposed at the beginning of the project development.

The result allows implementing a viable and strategic solution for sustainability in agriculture, a considerable reduction in the excessive use of plastic, which is the main focus of the solution through design.

ÍNDICE

	1.		
		INTRODUÇÃO	4
1.1		Guia de Leitura	6
1.2		Contextualização	8
1.3		Objetivos	12
	2.		
		ENQUADRAMENTO	14
2.1		Importância dos materiais	16
	2.1.1	Plástico	18
		2.1.1.1 Termoplásticos	22
		2.1.1.2 Termoendurecíveis	23
		2.1.1.3 Processos de Fabrico	24
	2.1.2.	Bioplásticos	26
		2.1.2.1 História dos Bioplásticos	28
		2.1.2.2 Tipos de Bioplásticos	29
		2.1.2.3 Processos de Fabrico	31
2.2		Agricultura e o Plástico	32
	2.2.1	Problemática	32
		2.2.1.1 Inquérito	35
	2.2.2	Tempo de Agir	37
2.3		Sustentabilidade no Design	39
	2.3.1	Design Circular e Sustentável	42
		2.3.1.1 Economia Linear	45
		2.3.1.2 Economia Circular	46
	3.		
		METODOLOGIA	48
	4.		
		PROJETOS DE REFERÊNCIA	54
4.1		Spawnfoam	56
4.2		AgriDust	57
4.3		Kuori	58
4.4		Rebirth	59
4.5		Agro	60

	5.	
	EXPLORAÇÃO	62
5.1	Contextualização	64
5.2	Pesquisa de Receitas	65
5.3	Experiências e problemática dos ingredientes	68
	Receita base #1	69
	Receita base #2	74
	Receita base #3	79
	Receita base #4	83
5.4	Seleção dos ingredientes e tipo de fibras	87
5.5	Fases de Afinação	90

	6.	
	RESULTADOS	106
6.1	Aplicações do Material	107
	Densidade	109
	Moldes	111
	Vasos	113
	Outras Aplicações	115
6.2	Ensaio Ambientais	117
	Absorção de água e Dissolução	119
	Biodegradabilidade	124
6.3	Ensaio Mecânicos	127
	Ensaio de Tração	130
	Ensaio de Flexão	134
	Ensaio de Compressão	138
	Conclusões dos ensaios	141

	7.	
	CONCLUSÕES	144
7.1	Avaliação do Material	145
7.2	Desenvolvimentos Futuros	147

	8.	
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	150

01

INTRODUÇÃO

1.1 Guia de Leitura

O presente documento encontra-se dividido em 7 principais capítulos. Cada assume um papel distinto para a justificação e elaboração do projeto ao longo de todas as fases.

1. INTRODUÇÃO- neste capítulo existe uma introdução ao tema, como o título do capítulo o indica. Sendo feita uma contextualização do tema e a sua motivação, com objetivos e requisitos estipulados na fase preliminar do trabalho.
2. ENQUADRAMENTO- a importância dos materiais no design são um pilar importante para perceber alguns aspetos ao longo da investigação. Além disso, materiais como Plásticos e Bioplásticos são explorados, bem como os seus derivados e processos de fabrico. A problemática do plástico na Agricultura e como o design circular e sustentável podem ser a solução a esse problema são outros tópicos abordados.

3. METODOLOGIA- retrato da metodologia planejada e utilizada nas seguintes etapas, sendo estas mais práticas que as anteriores.
4. PROJETOS DE REFERÊNCIA- descrição de cada projeto que serviu de referência ao trabalho, pela sustentabilidade, tipo de material, ciclo de vida, entre outros
5. EXPLORAÇÃO- neste capítulo, toda a parte associada à exploração de receitas, fibras, e do próprio material em si são abordadas, além de dificuldades e afinações até à obtenção do material mais indicado com atenção aos requisitos pré-estabelecidos.
6. RESULTADOS- resultados do material explorado e selecionado em diversas aplicações. Ensaios ambientais e mecânicos, foram realizados para melhor entendimento do material, comportamentos e características.
7. CONCLUSÕES- por fim, foi feita uma avaliação ao material segundo uma análise SWOT e esclarecimento de quais os desenvolvimentos pretendidos para o futuro.

1.2 Contextualização

O Mundo está cada vez mais preocupado com a evolução dos problemas ambientais registados nas últimas décadas. Diversos fatores influenciam o impacto negativo ambiental, um deles corresponde à produção excessiva de plásticos sintéticos que são descartados e, conseqüentemente, originam um problema grave como a poluição dos oceanos que originam ilhas de plástico.

As ilhas de plástico advêm duma poluição causada por resíduos de diversas categorias de plásticos, visível em oceanos e linhas costeiras, como praias. A poluição do plástico é visualmente impactante, e imagens de linhas costeiras cheias de plástico tornaram-se comuns, sendo facilmente perceptível pelo público, podendo afetar o prazer das áreas costeiras. Este problema provoca danos nos ecossistemas e para a saúde pública.

Existem muitas incidências documentadas sobre o impacto do plástico nos ecossistemas e na vida selvagem, algumas dessas publicações, datam desde a década de 1980. No entanto, apesar de muitos casos documentados, é amplamente reconhecido que a extensão total dos impactos sobre os ecossistemas ainda não é conhecida. (Ritchie et al., 2018). Logo, este problema tem ganho uma relevância importante, pois a produção de plásticos tem vindo a aumentar ano após ano, sendo que, em 2018, cerca de 360 milhões de toneladas foram produzidas, das quais 17% correspondem à produção Europeia. Ainda assim, estima-se que estes valores se multipliquem nos próximos 20 anos, no mínimo que dobrem (Acquavia et al., 2021).

“Para entender a magnitude da entrada de plásticos no ambiente natural e nos oceanos do mundo, devemos entender os vários elementos da cadeia de produção, distribuição e gestão de resíduos de plástico. Isso é crucial, não apenas para compreender a escala do problema, mas também para implementar as intervenções mais eficazes de redução.” (Ritchie et al., 2018)

Desde a Revolução Industrial, nos anos 1900, que o plástico foi adquirido pelas indústrias como alternativa aos materiais já existentes, e serviu como substituição dos mesmos devido à sua leveza, baixo custo de produção, durabilidade e flexibilidade de formas e cores. Características que revolucionaram o mercado e têm vindo a ser cada vez mais requisitadas pelo consumidor para as mais diversas aplicações.

Na agricultura, o plástico encontra-se presente em vários utensílios de trabalho o que corresponde a uma elevada percentagem de uso excessivo deste material. Percentagem essa que em 2018, era de 3% em Portugal, devido às estufas e lonas de cultivo, bem como lonas para silagem e armazenamento, nos sistemas de irrigação, silos-bolsas e coberturas do solo (mulching), além de outras finalidades com menor proporção - sacos de transporte de produtos hortícolas e outros em espaços comerciais, bandejas de transporte de vasos e plantas, bandejas de sementeira e vasos, por exemplo. (Agência Portuguesa do Ambiente [APA], 2018).

Como é do conhecimento comum, este tipo de materiais depende de combustíveis fósseis prejudiciais ao Planeta Terra. A insustentabilidade da situação atual é complicada e várias iniciativas, políticas e científicas, têm proposto soluções para a problemática. Sendo a mais atual, a Legislação Comunitária em relação ao plástico de consumo único que tem como objetivo a redução de impacto dos plásticos no ambiente, principalmente aqueles que são de consumo único, como é o caso de talheres de plástico descartáveis, palhinhas, embalagens descartáveis, entre outros.

“

Diretiva (UE) 2019/904 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de junho de 2019, relativa à redução do impacto de certos produtos de plástico no ambiente, vem estabelecer medidas com o objetivo de prevenir e reduzir o impacto de determinados produtos de plástico no ambiente, mais particularmente no meio aquático, e na saúde humana, bem como promover a transição para uma economia circular com modelos de negócio, produtos e materiais inovadores e sustentáveis.

”

(APA, 2019)

De acordo com Kyrikou et al. (2007): Apesar do crescimento contínuo da reciclagem, redução da fonte e recuperação de energia, algumas proporções dos resíduos sempre exigiram descarte. O método mais comum para a eliminação de resíduos sólidos urbanos é o aterro. (p. 125). Existem vários processos de degradação de materiais, mas a de plástico usado torna-se um processo complexo quando referida uma degradação ambiental. Nomeadamente, no caso particular dos resíduos agrícolas uma das alternativas de descarte destes é a biodegradação. Esta só é possível em polímeros especialmente projetados para esse fim, os polímeros biodegradáveis. Apenas os materiais que se biodegradam num período de tempo limitado, regulamentado por normas internacionais, além de critérios adicionais como,

ecotoxicidade e impacto negativo nulos, devem ser considerados como biodegradáveis.

Em Portugal, a disseminação das embalagens descartáveis de plástico tem um revés muito negativo, a quantidade de resíduos produzidos é enorme, e apesar dos programas de reciclagem introduzidos desde os meados dos anos 90, a percentagem de plástico reciclado é bastante reduzida em relação ao consumo, bem como em relação ao número de resíduos descartados todos os anos. Em 2018, segundo o Ministério do Ambiente e da Ação Climática, 163 mil toneladas de resíduos de embalagens plásticas foram produzidas, sendo que 44,3% corresponde à taxa de reciclagem de embalagens de plástico no mesmo ano. (República Portuguesa, 2020). O plástico é prejudicial à humanidade e, conseqüentemente, ao ambiente, pois devido ao seu uso tão difundido, este gera bastantes resíduos que podem demorar séculos a se decompor. (Piatti et al., 2005, p.10-12).

Por ser um material que se decompõe após largos anos, este torna-se um dos principais causadores de poluição no nosso Planeta.

É praticamente impossível, neste momento, imaginar-se a humanidade sem plástico, devido à ampla utilização que este oferece à sociedade atual. Posto isto, é necessária uma alternativa para ajudar a minimizar o problema enfrentado, e uma delas será a exploração de novos materiais que consigam ajudar o meio-ambiente e agrupar características semelhantes ao plástico (baixa densidade, baixo custo, flexibilidade de formas e cores).

1.2 Objetivos

A exploração de novos materiais, *eco-friendly*¹, como biomateriais, materiais naturais, biodegradáveis e sustentáveis, têm sido cada vez mais estudados e testados, de forma a ser possível ter um estilo de vida mais saudável e menos poluente, e consequentemente, conseguirem reduzir o impacto.

Com este trabalho pretende-se investigar e testar resíduos de hortícolas, que não têm uma segunda vida, um valor agregado. Desta forma, o principal objetivo será enquadrar estes resíduos na prática do Design com especial relevo para o contexto de uma proposta de Economia Circular.

A redução do plástico na agricultura é um aspeto que se quer melhorado. A projeção de um vaso biodegradável através de um material completamente orgânico com base em matéria-prima reaproveitada de plantações é algo explorado e representado ao longo desta investigação.

Alguns requisitos foram definidos para o produto final. Assim, em cada etapa do projeto, existiu uma tentativa constante de garantir cada um deles:

- Elevada permeabilidade à água, ar e raízes;
- Material com baixa densidade;
- Inovador;
- Biodegradável.

¹Eco-friendly- é ser ecológico, amigo do ambiente.

(in Dicionário infopédia de Inglês - Português [em linha]. Porto: Porto Editora. [consult. 2021-06-20 12:44:12]



ENQUADRAMENTO

2.1 Importância dos Materiais

Os materiais são, diversas vezes, parte fulcral e essencial de um projeto de design pois, até serem traduzidos em matéria, as ideias não passam disso, ideias. Em alguns casos a matéria é tão importante que parece totalmente ligada ao objeto que compõe. Tome-se o exemplo de um copo. Ainda que possa ser produzido com variados materiais, o conceito abstrato do copo é quase imediatamente associado ao vidro. O material está de tal forma caracterizado no conceito que acaba mesmo por poder definir o objeto em si, o que se pode verificar em algumas línguas – inglês (*glass*) e francês (*verre*) – a palavra “copo” e “vidro” são literalmente a mesma. Isto aplica-se para muitos objetos do quotidiano que por vezes, estão impercetivelmente ligados aos materiais que os compõem, de tal forma que, a criação de novos materiais parece, por vezes, ser a única maneira de tornar um objeto possível. No design distinguem-se duas principais vertentes de aplicação e seleção dos materiais: a técnica e a percetiva, podendo ser usadas em simultâneo. A técnica comporta os aspetos lógicos e necessários ao objeto, como a integridade estrutural, flexibilidade, condutividade térmica, entre outros aspetos do comportamento dos materiais. Já a vertente percetiva trabalha outra dimensão, através do uso das quatro propriedades que surgem da experiência com os materiais. Essas propriedades permitem entender o efeito sobre o utilizador e podem ajudar a criar sensações de curiosidade e interesse, impulsionando a compra e levando o utilizador a querer experienciar o objeto ou a criar uma ligação afetiva com ele. (Correia, 2019, as cited in Norman, 2005).

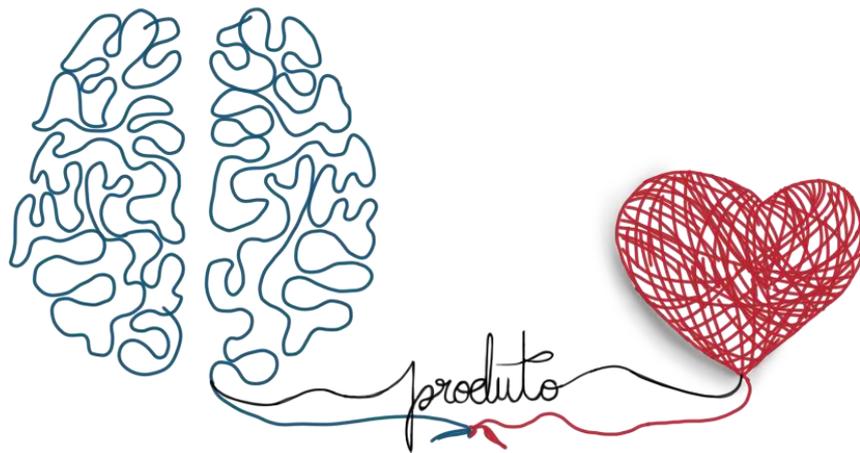


Fig. 1- Representação da ligação emocional ao produto

Existem diversos materiais biodegradáveis e a exploração destes tem um aumento exponencial, unindo equipas interdisciplinares. Recentemente, muitos designers e outros investigadores, foram impulsionados pela necessidade de encontrar soluções de materiais mais sustentáveis, materiais à base de madeira, especialmente celulose e plantas, permitindo diferentes texturas, sensações, transparências e formas. (Kääriäinen et al., 2020, pp. 17-18). Além destes, podem ser executados testes a outros ingredientes, de forma a obter materiais sustentáveis de bases biológicas, como sobras de comida, “do desperdício à matéria-prima”. (Correia, 2019).

Experiências realizadas em laboratório ou oficina, permitem obter materiais diferentes. As propriedades destes materiais diferenciam-se apenas pela substituição de um ingrediente por exemplo, obtendo-se assim, alguns materiais mais impermeáveis, maleáveis, resistentes, que outros. Outros fatores como tempo de cozedura e local - forno, micro-ondas ou simplesmente por ação do calor solar - são importantes para a investigação. Desta forma, existem ínfimas experimentações, relatadas em documentos distintos como livros, teses, entre outros.

2.1.1 Plástico

“

Plástico é um termo largamente aceito para descrever resinas ou polímeros que são constituídos por átomos de hidrogênio, carbono, nitrogênio, oxigênio, flúor, silício, enxofre e cloro, derivados do petróleo.

”

(Lesko, 2018, p.170)

Para melhor entendimento dos materiais plásticos, é necessário entender os polímeros, ou seja, os elementos constituintes dos plásticos. “Derivado do grego que denomina “muitas partes”, o termo polímero é usado para descrever materiais com moléculas grandes compostas de muitas unidades repetidas que foram ligadas quimicamente em grandes cadeias.” (Lesko, 2018, p.172). A união química desses elementos monoméricos que dão origem a macromoléculas, é feita através do processo de polimerização.

Plástico significa uma mudança permanente na forma quando o material é sujeito a uma carga, sendo que este é facilmente modificado com muito pouco calor, e por essa razão o foram assim denominados. O termo em si é, frequentemente, usado para discutir esses materiais, enquanto a denominação geral não é utilizada dessa forma. Enquanto isso, a denominação química carece de ser utilizada para requerimento de mais informações (propriedades físicas e mecânicas) de materiais específicos, que são denominados de resinas ou polímeros.

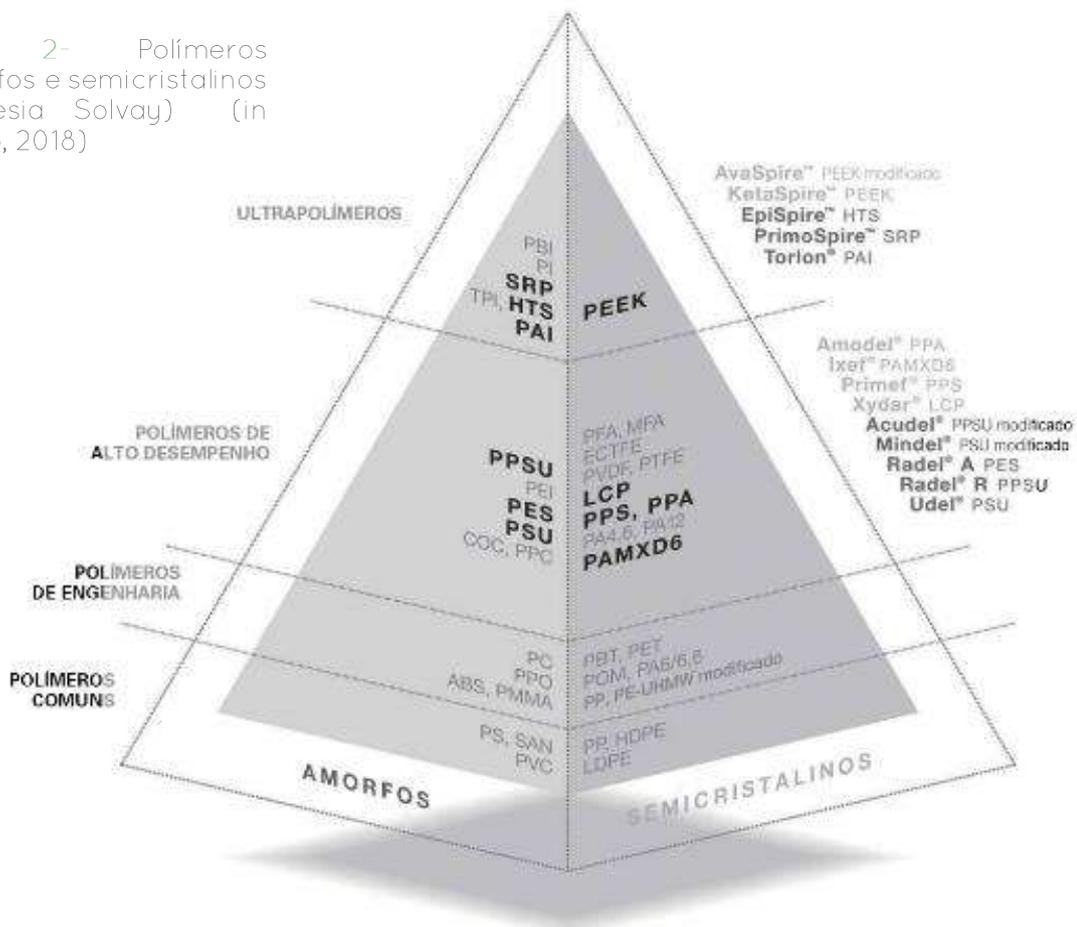
A organização dos plásticos torna-se difícil, pois estes encontram-se em famílias. Geralmente, são organizados alfabeticamente, ainda que conveniente, não auxilia a que se adquira um conhecimento global sobre estes.

As duas principais categorias são os termoplásticos e os termoendurecíveis. (Lesko, 2018)

A pirâmide seguinte (fig.2), é uma transmissão de várias ideias numa imagem apenas. Segundo Lesko (2018), esta é uma excelente ilustração, bastante simples de entender aos olhos de um designer, visto que esta permite a leitura dos materiais separadamente e por tipo, a sua denominação comercial e química, o volume, custo e desempenho, ou seja, transmite várias características do produto numa imagem apenas.

A pirâmide é uma ilustração conceitual dos produtos duma divisão da empresa científica Solvay, onde esta relaciona os plásticos que produz, sendo possível a identificação dos polímeros tipo amorfos e semicristalinos.

Fig. 2- Polímeros amorfos e semicristalinos (cortesia Solvay) (in Lesko, 2018)



Estes dois tipos de polímeros, são classificados pela sua cristalinidade ou grau de ordenamento na estrutura global do polímero e apresentam características díspares, pois, geralmente resinas amorfas são transparentes, de elevada estabilidade dimensional, além de boa resistência química e tenacidade. Semicristalinos são na maioria opacos, de igual resistência química, mas possuem boa resistência à fadiga.

O grau de cristalinidade depende do polímero, mas não só, pois por causa da estrutura molecular, alguns polímeros cristalizam mais rápido, como é o caso do polietileno, atingindo índices de cristalinidade elevados. Outros, como o poliéster - PET e outros - necessitam de tempos de cura no molde maiores para cristalizarem, se ele for arrefecido rapidamente permanece amorfo no produto final, como é possível de verificar nas garrafas de refrigerante. Deste modo, o polímero e a técnica de processamento influenciam no grau de cristalinidade do material.

Depois de fundido, conforme a resina cristalina arrefece, cadeias poliméricas dobram ou alinham-se em estruturas cristalinas muito ordenadas (fig.3). Na grande parte das vezes, cadeias poliméricas laterias de maior dimensão podem ser incapazes de obter configurações cristalinas, devido aos fatores descritos anteriormente. (Lesko, 2018)

Geralmente, a temperatura de transição

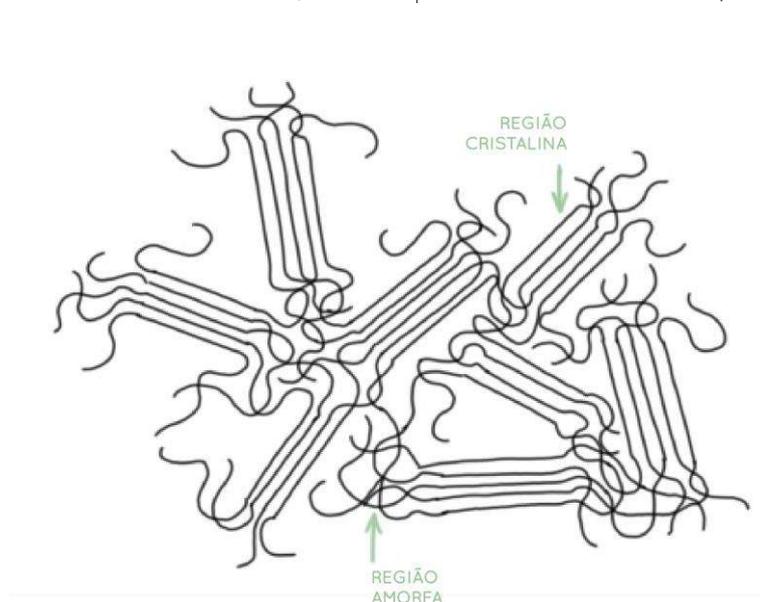


Fig. 3- Arquitetura do polímero (in Lesko, 2018)

vítrea quanto maior for melhor será o desempenho em altas temperaturas. Nos polímeros amorfos a força necessária para o escoamento do material diminui lentamente à medida que a temperatura ultrapassa a de transição vítrea. No entanto, em resinas cristalinas esta força diminui rapidamente conforme o material é aquecido acima da temperatura de fusão cristalina. Estas resinas apresentam vantagens em relação ao preenchimento de zonas delgadas devido às suas características particulares de escoamento fácil. Além disso, apresentam, na maioria, resistência química superior, maior estabilidade sob temperaturas elevadas e melhor resistência à fluência. Nos polímeros amorfos, características como menor retração no molde, menos empenamento na peça final e maior resistência ao impacto são vantagens deste tipo de material. Regra geral, polímeros transparentes são amorfos ao invés de cristalinos, e exemplo disso são termoplásticos como acrílico, policarbonato e poliestireno. Concluindo, o utilizador final geralmente apresenta requisitos que decidem qual o tipo mais adequado, se amorfo ou cristalino.

Na norma, cada peça moldada arrefece e solidifica, mas durante este processo existe uma retração característica deste tipo de material, este vai encolhendo dentro da cavidade, ficando com uma dimensão relativamente menor à sua cavidade. As características presentes na retração afetam o custo de moldagem e determinam limites de tolerância dimensional da peça. Medidas exatas em relação à retração dependem primordialmente da resina ou do sistema utilizado.

Outros fatores podem influenciar na retração da peça, como a própria geometria, espessura de paredes, processamento, uso e tipo de cargas. Peças com fibras, por exemplo, geralmente sofrem uma retração de duas a três vezes mais na direção perpendicular ao escoamento do que na direção do mesmo.

Existe ainda a retração pós-moldagem, sendo uma retração adicional que pode

acontecer muito após a moldagem, ocorrendo na maioria dos casos em peças que foram processadas para reduzir a retração inicial e posteriormente são expostas a temperaturas elevadas. As tensões acabam por relaxarem, com influência do tempo e resultam na redução do tamanho da peça. (Lesko, 2018)

2.1.1.1 Termoplásticos

Um polímero, resina ou plástico termoplástico, caracteriza-se pela reação ao calor, sendo que estes têm a capacidade de se tornar flexíveis ou moldáveis quando aquecidos, acima de uma determinada temperatura, e de ficarem rígidos quando arrefecem. Ou seja, amolecem quando é aplicada temperatura e endurecem com a diminuição da mesma, processos reversíveis. Este fenómeno dá-se devido ao facto das forças intermoleculares que ligam as cadeias de polímeros enfraquecerem rapidamente com o aumento de temperatura, mudando do estado sólido para um líquido viscoso. Este processo pode ser repetido diversas vezes, com a particularidade de não se sucederem alterações nas propriedades e aspeto do material, permitindo que sejam recicláveis apenas com a aplicação de calor.

Plásticos são materiais sintéticos, estes têm uma degradação bastante longa, o que faz com que permaneçam intatos por longos períodos de tempo sem sofrer nenhum efeito da natureza, contrário ao que acontece nos materiais naturais. Nesta categoria de plásticos, inserem-se a maioria dos objetos utilizados no quotidiano, o que provoca uma grande densidade de resíduos plásticos, constituindo um grave problema que simplesmente não acaba. Estes permitem uma diversidade de segmentos de mercado, devido a serem bastante versáteis, e desta forma, podem ser obtidas peças extremamente

simples ou peças minuciosas e técnicas, de geometrias complexas. Atualmente, é difícil imaginar o mundo sem estes materiais, pois ocupam uma grande dimensão, e são progressivamente mais adquiridos devido ao facto de serem facilmente reciclados. Ainda assim, são bastante prejudiciais ao Planeta.

Em suma, termoplásticos são moldáveis, de baixo custo e apresentam boa resistência, geralmente. Alguns exemplos destes materiais são: Polietileno (PE), Polipropileno (PP) e Policloreto de vinila (PVC). (Lesko, 2018)

2.1.1.2 Termoendurecíveis

Ao contrário da categoria anterior, estes apenas podem ser moldados uma única vez, sendo um polímero que se torna irreversivelmente rígido após um processo químico de nome 'cura'. Ou seja, este processo é causado pela polimerização com o aumento de temperatura ou radiação apropriada, como radiação ultravioleta. Assim, resulta no endurecimento da substância, transformando-a num plástico.

Plásticos termoendurecíveis possuem ligações cruzadas entre moléculas vizinhas do polímero, o que limita a movimentação da cadeia. A rede de cadeias poliméricas, quando expostas a elevadas temperaturas, como no caso dos termoplásticos, tendem a degradar ao invés de amolecer. Por esta razão, até recentemente, não podiam ser refundidos ou reutilizados após a cura inicial, mas, com os avanços da reciclagem, novos métodos têm vindo a ser descobertos. (Lesko, 2018)

“O calor irá polimerizar ainda mais alguns termofixos, tais como as resinas fenólicas, que curam ao ser injetadas em um molde aquecido. Outros termofixos, Poliuretanos RIM, por exemplo, requerem uma

reação química controlada após passarem por um cabeçote de mistura em direção ao molde. Um terceiro tipo de termoendurecíveis, como o silicone, cura à medida que elementos voláteis na resina evaporam.” (Lesko, 2018, p.174)

Estes são materiais utilizados amplamente na fabricação de diversos produtos como engrenagens, roupas e tecidos, isolamentos térmicos, entre outros. Alguns exemplos destes materiais são a baquelite, os poliuretanos, poliacetato de etileno vinil e resinas epóxi. E, apesar de necessitarem de ciclos de produção mais longos e maior número de operações secundárias, em comparação com plásticos termoplásticos, estes apresentam menor nível de retração no molde e têm resistências químicas e térmicas superiores. (Lesko, 2018)

2.1.1.3 Processos de Fabrico

Processos em estado líquido de polímeros são semelhantes aos processos de fundição de metais. Nos processos de conformação, resinas tornam-se líquidas ou fluídas quando aquecidas e à medida que entram no molde, outras vezes são misturadas sob pressão no molde.

Termoendurecíveis são, por vezes, semelhantes a uma massa viscosa quando colocados no molde. Estes têm vários processos de conformação no seu estado líquido, subdividindo-se em duas categorias: conformação de peças e conformação de chapas e formas (fig.4). (Lesko, 2018)



Fig. 4- Conformação de termoendurecíveis no estado líquido, Lesko (2018) - ilustração adaptada



Termoplásticos tornam-se viscosos quando aquecidos, mas são forçados por alguns processos de moldagem a se comportarem como líquidos, através de pressões elevadas que preenchem a cavidade do molde, peças com detalhes bastante pormenorizados é o resultado deste processo. Estes são, na maioria das vezes, aquecidos antes de ser depositados no molde, mas termoendurecíveis geram o seu próprio calor numa reação com o catalisador durante a polimerização. (Lesko, 2018)



Fig. 5- Conformação de termoplásticos, Lesko (2018) - ilustração adaptada



2.1.2 Bioplástico

“

TL01 Biodegradable polymers broaden the range of waste management treatment option over traditional plastics and this is supported by Life Cycle Assessment (Murphy & Bartle, 2004 as cited in Davis & Song, 2005). The most favoured end-of-life disposal options for these materials are domestic and municipal composting in place of landfill as the worst disposal option, the second worst option being interaction and anerobic digestion option being intermediate. Techniques for recycling of conventional polymers are generally not suitable for biodegradable polymers but the value of the materials may be recovered in the form of useful compost. Biodegradable polymers can thus make significant contributions to material recovery, reduction of landfill and utilisation of renewable resources. Widespread public awareness of the material and effective infrastructure for stringent control of certification, collection, separation and composting are crucial to materialise the fully benefits.

(Davis et al., 2005, p.159)

”

Bioplásticos, ao contrário daquilo que muitos pensam, são uma grande família de materiais, com diferentes propriedades e aplicações. De acordo com a European Bioplastic (2018): um material plástico é definido como bioplástico ao enquadrar-se em algumas das seguintes categorias: bioplásticos de base biológica, bioplásticos biodegradáveis ou que apresentem ambas as propriedades.

Com a exploração destes novos materiais, com vista em novas soluções capazes de oferecer uma produção e consumo sustentáveis, os bioplásticos possuem diversas vantagens em relação aos plásticos tradicionais. Objetivos como o aumento da eficiência dos recursos, deu origem a benefícios como: ser aplicado o princípio do

TL01: Os polímeros biodegradáveis ampliam a gama de opções de tratamento de gestão de resíduos em relação aos plásticos tradicionais e isso é apoiado pela Avaliação do Ciclo de Vida (Murphy & Bartle, 2004 como citado em Davis & Song, 2005). As opções de descarte de fim de vida mais favorecidas para esses materiais são a composição doméstica e municipal no lugar do aterro como a pior opção de descarte, a segunda pior opção sendo a interação e a opção de digestão aneróbia sendo intermediária. As técnicas de reciclagem de polímeros convencionais geralmente não são adequadas para polímeros biodegradáveis, mas o valor dos materiais pode ser recuperado na forma de composto útil. Os polímeros biodegradáveis podem, portanto, fazer contribuições significativas para a recuperação de materiais, redução de aterros e utilização de recursos renováveis. A ampla conscientização do público sobre o material e a infraestrutura eficaz para um controle rigoroso de certificação, coleta, separação e composição são cruciais para materializar todos os benefícios.

uso em cascata dos mesmos, uma vez que a biomassa pode ser usada inicialmente para materiais e a posteriori para geração de energia; os recursos devem, por sua vez, serem cultivados numa base anual (no mínimo). A redução da pegada de carbono e das emissões de GEE de materiais e produtos, além da economização de recursos fósseis, sendo substituídos passo a passo, são outras das vantagens adquiridas pela utilização de bioplásticos ao invés de plásticos tradicionais. (European Bioplastic, 2018)

Para facilitar a mudança tão aguardada por muitos, é necessário estar atento e curioso sobre de que produtos são feitos e sobre a origem dos materiais em si. Esta mudança é uma tarefa de cada cidadão, todos desempenham um papel fundamental, designers cada vez mais se entusiasmam e interessam em explorar novos materiais e soluções mais eficientes e ecológicas, a estes juntam-se cientistas e engenheiros, áreas dominantes ao tema. No entanto, muitos designers frequentemente trabalham sozinhos ou num grupo exclusivo de designers, sem o suporte adequado para atingir soluções desejáveis. Além disso, engenheiros e cientistas consideram que o design tem um papel fundamental nesta missão, por isso, as equipas interdisciplinares fazem imenso sentido na descoberta de novos materiais. (Kääriäinen et al., 2020)

2.1.2.1 História dos bioplásticos

A indústria dos bioplásticos tem cerca de 25 anos de desenvolvimento, neste momento está estabelecida nos quatro continentes e tem várias fases, com objetivos e direções distintas. Atualmente, os bioplásticos representam uma alternativa válida aos plásticos tradicionais e às suas aplicações. A verdade é que a percentagem de bioplástico no mercado (1%), é bastante baixa nos dias de hoje em comparação com os 370 milhões de toneladas do total mundial de plástico produzido. Ainda assim, estimam-se taxas de crescimento anual até 2025, em oscilações em torno de 30%. (Coppola et al., 2021)

Historicamente, os primeiros materiais usados pelo Homem eram de origem natural, logo materiais plásticos encontram-se presentes nos objetos usuais desde que existem registos escritos. Resinas naturais como o âmbar, o lacre e as seivas de plantas resinosas foram dos primeiros plásticos a serem utilizados. A significativa comercialização de polímeros de composição química, surge nos meados do século XIX com o desenvolvimento de um material derivado da celulose por John Wesley Hyatt Jr., conhecido como celuloide. Mais tarde, surge a produção industrial de outro material plástico com origem em biomassa, de nome celofane.

Nos inícios do Século XX, a origem destes materiais altera-se radicalmente devido à exploração de petróleo. A partir desta época, o petróleo passou a ser um elemento relevante para a economia mundial, com um baixo custo de extração, os seus derivados acompanham esse mesmo custo. Dessa forma, os plásticos ganham popularidade sobre os bioplásticos. Ainda assim, em 1947, o Poliamida 11 foi o primeiro bioplástico técnico a inserir-se no mercado

com as suas excelentes propriedades mecânicas e resistência química. Na verdade, os bioplásticos continuam a ter um foco importantes para algumas pessoas, como é o caso de Henry Ford que foi pioneiro na utilização de bioplásticos na indústria automotiva. Motivado pelo seu objetivo de utilizar sobras agrícolas para fins não-alimentares, direcionou a investigação sobre materiais com base em matéria vegetal para serem aplicados nos automóveis da sua marca. A Ford chegou a produzir um protótipo funcional do famoso Ford Model T (fig.6) com carroçaria feita com materiais poliméricos a partir de soja. (Costa, 2018; Nature Plas, 2021)



Fig. 6- Ford Model T

2.1.2.2 Tipos de Bioplásticos

Existem três grandes categorias de bioplásticos, sendo cada tipo de material distinto nas suas aplicações e propriedades. Bioplásticos de origem biológica ou parcialmente biológica, plásticos biodegradáveis e de origem biológica e plásticos biodegradáveis de origem em recursos fósseis.

Origem biológica ou parcialmente biológica

O termo 'origem biológica' significa que o material ou produto é (parcialmente) derivado de biomassa/plantas, que pode ser, por exemplo, celulose ou cana-de-açúcar.

Ainda assim, estes não são biodegradáveis, como PE, PP, PET de base biológica e polímeros de desempenho técnico de base biológica, como é o PTT ou TCP-ET.

Origem biológica e biodegradável

Tal como o anterior a definição de 'origem biológica' mantém-se, mas estes, contrariamente, são biodegradáveis.

A biodegradação é um processo químico onde microrganismos que estejam presentes no meio ambiente, convertem os materiais em substâncias naturais, tais como água, dióxido de carbono e adubo, sem ser necessária a utilização de aditivos artificiais. Este processo depende do ambiente e intempéries no material.

O desenvolvimento destes, prova que os bioplásticos têm potencial capaz de moldar a indústria, produzindo novos materiais, inovadores e competitivos. São representados numa escala industrial apenas nos últimos anos. Nesta categoria inserem-se plásticos como PLA e PHA ou PBS.

Origem em recursos fósseis

Este tipo de bioplásticos, são plásticos que têm como base recursos fósseis, contudo são biodegradáveis, como PBAT.

São um grupo comparativamente pequeno e são usados principalmente em combinações com amido ou outros bioplásticos para melhoria do desempenho da

aplicação do mesmo, da sua biodegradabilidade e das propriedades mecânicas.

Estes ainda são produzidos em petroquímicas, no entanto, aplicações do material têm vindo a surgir e estarão disponíveis num futuro próximo. (European Bioplastics, 2018)

2.1.2.3 Processos de Fabrico

Como referido anteriormente, numa indústria que procura cada vez mais substituir as suas matérias-primas por outras de fontes renováveis, os bioplásticos têm adquirido uma importância e requisição elevadas. Devido aos seus componentes, derivados de biomassas, estes captam a atenção das indústrias de polímeros, essencialmente, pela vasta versatilidade de aplicações possíveis, permitindo manter a eficiência produtiva industrial, com uma redução significativa do impacto causado pelos plásticos tradicionais.

Bioplásticos podem ser produzidos nos mesmos processos de fabrico utilizados convencionalmente na existente indústria de plásticos. Os parâmetros da maquinaria para produção dos materiais poliméricos, apenas necessitam de ser ajustados às especificações individuais de cada bioplástico, algo que já acontece para a ampla diversidade de polímeros existente.

Concluindo, os bioplásticos podem ser inseridos nas indústrias de forma rápida e prática, pois não existe a necessidade de novos equipamentos tecnológicos, apenas um ajuste aos habitualmente utilizados, sendo uma adaptação de um futuro próximo, (European Bioplastics, 2021)

2.2 Agricultura e o Plástico

2.2.1 Problemática

A agricultura moderna utiliza demasiadas quantidades de plásticos não renováveis à base de petróleo, que quase nunca são reciclados. Existe uma grande necessidade de mudança, substituindo esses materiais por materiais biodegradáveis, ecologicamente corretos, que possam, de alguma forma, reduzir o impacto negativo dos primeiros. Principalmente, vasos, recipientes e bandejas de sementes (fig.7) constituem um importante segmento dos materiais plásticos na agricultura, e, felizmente, as alternativas biodegradáveis têm vindo a alcançar o mercado.



Fig. 7- Exemplo de um dos plásticos utilizados na agricultura- bandeja de sementes com hortícolas desenvolvidas (Sorapong Chaipanya, 2020)

A prática de usar materiais plásticos na agricultura é frequentemente intitulada de plasticultura. Embora existam bastantes vantagens no uso destes materiais na agricultura, os riscos são maiores, pois existem bastantes fatores que desfavorecem esta prática. Alguns exemplos são: a contaminação

de solos, rios e, conseqüentemente, oceanos; a diminuição da fertilidade dos campos agrícolas; fragmentos que podem surgir nas plantações e, portanto, desenvolverem riscos à saúde humana por ingestão de produtos contaminados; entre outros fatores. Por isso, a redução de polímeros nesta área específica ser tão importante.

Uma das aplicações mais comuns dos polímeros na agricultura é durante o transplante, este é o momento no qual se realiza a muda da planta do seu local de crescimento para o local de cultivo distinto, sendo um processo realizado em qualquer parte do Mundo nesta área. Profissionais agrícolas usam vasos, recipientes, entre outros feitos de uma ampla variedade de materiais, tamanhos, forma e cores diferentes, tendo a capacidade de atingir várias culturas, sistemas de cultivo e táticas de marketing. A maioria destes recipientes que são usados para o transplante são com base em materiais à base de óleos não renováveis, como, polipropileno, polietileno e poliestireno. Tal como na maioria das aplicações deste tipo de materiais, o baixo custo, durabilidade, propriedades mecânicas desejadas, resistências a degradação química e microbiana, são aspetos que influenciam a escolha do consumidor e revendedor, descartando, por essa mesma razão, outras opções eco-friendly que possam existir.

Aproximadamente 500 milhões de recipientes para plantas e tabuleiros destinado a sementeiras são produzidos a cada ano, dos quais a grande maioria é descartada em aterro ou queimada de forma descontrolada. Para a fabricação de vasos plásticos é necessária uma grande quantidade de combustível fóssil, que demora cerca de 500 anos para se decomporem. Vasos biodegradáveis apresentam propriedades técnicas adequadas a aplicações agrícolas, incluindo a sua degradação pela ocorrência de microrganismos, sendo um substituto viável aos tradicionais vasos feitos de polímeros. Estes vasos biodegradáveis podem ser facilmente ajustados à produção habitual da horticultura e floricultura, reduzindo drasticamente o volume de resíduos plásticos.

Alguns estudos apresentam foco particular nos aspetos de marketing deste tipo de vasos, concluindo-se de que a baixa aderência aos mesmos se deve principalmente à sua aparência. (Tomadoni et al., 2020)

Uma das motivações para o desenvolvimento deste projeto foi o facto de ter um conhecimento empírico do assunto e problema em si. A horticultura e floricultura encontra-se presente no quotidiano da autora há largos anos, e desse modo, existe a motivação de mudança de alguns aspetos nesta área.

A figura 8, demonstra a realidade de uma banca de venda de hortícolas e flores, onde se sobressai a quantidade de polímeros utilizados para transporte, armazenamento e organização de cada planta/flor, desde caixas a vasos e recipientes em poliestireno.



Fig. 8- Representação da utilização de polímeros no comércio de hortícolas e flores

2.2.1.1 Inquérito



Fig. 9- Percentagem relativa à importância da sustentabilidade na vida dos questionados

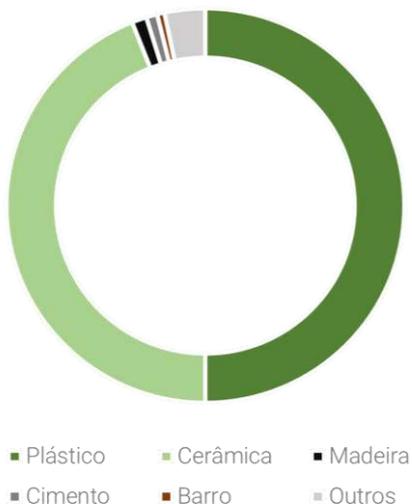


Fig. 10- Materiais mais usados nas habitações dos questionados

Nesta investigação desenvolveu-se um inquérito pensado e realizado para divulgação em diversos canais digitais com o objetivo de atingir o máximo número de pessoas possível, sendo o público-alvo a população geral. As perguntas destinaram-se à obtenção de respostas pertinentes e eficazes no desenvolvimento do projeto, obtendo-se conclusões diretas acerca do tema.

Com a divulgação do inquérito, angariou-se cerca de 350 respostas. Primeiramente, chegou-se à conclusão de que a devastadora maioria se importa com a sustentabilidade na sua vida e tem em atenção a escolha dos produtos no ato de compra dos mesmos, representando 75,8% das respostas obtidas (figura 9). Uma pequena percentagem considerou não ser um aspeto de importância suficiente na sua vida. Sendo contraditório a essa importância, 50% das pessoas questionadas possuem vasos de materiais poliméricos na sua habitação, sendo o material mais adquirido além da cerâmica. Posto isto, os restantes 50%, têm em suas casas vasos de Cerâmica (44%), Madeira (1,2%), Cimento, entre outros (figura 10). Atingiu-se resultados distintos da razão apresentada anteriormente pela baixa adesão a vasos biodegradáveis, pois a maioria dos questionados referiu não optar por vasos biodegradáveis ao invés de origem polimérica, pelo seu custo.

Tentou-se perceber, primeiramente, se o público-alvo estaria disposto a comprar um produto eco-friendly, de carácter biodegradável e sustentável. Sabendo da existência de alguns produtos dessa gama, era desejável perceber se as pessoas tinham essa opção como conhecida e de antemão

adquirida alguma vez, bem como a intenção de os adquirir no seu futuro com vista a uma escolha mais sustentável e responsável. Assim, obteve-se um excelente feedback, pois a grande maioria dos questionados respondeu que estaria disposto a adquirir um vaso “amigo” do ambiente, como se pode verificar na figura (11) apresentada.

Após o resultado positivo, percebeu-se qual o valor a que cada pessoa estaria disposta a pagar, no caso de ter respondido afirmativamente à questão levantada anteriormente. Para isso, foi necessário o levantamento de todas as respostas e uma assimilação da informação de modo a entender quais as maiores preferências dos questionados. A maioria das respostas centrou-se num valor igual ou pouco superior aos vasos de origem polimérica (descartáveis), sendo uma resposta aberta, os questionados referiram que para a aquisição deste tipo de produtos, o preço terá de ser apelativo. Além do custo do produto, o mesmo terá de apresentar uma condição estética de acordo com o interesse do público, bem como o tempo de vida útil e ciclo de vida do mesmo. O dobro do valor praticado nos vasos descartáveis, seria o máximo tolerável de acordo com os questionados, sendo que alguns afirmaram que apenas comprariam este produto se o mesmo fosse de valor menor, pois, de acordo com os mesmos, apenas dessa forma seria apelativa a compra dos mesmos, caso contrário as pessoas continuariam a comprar soluções poluentes devido ao seu baixo custo em relação a outras antipoluentes.

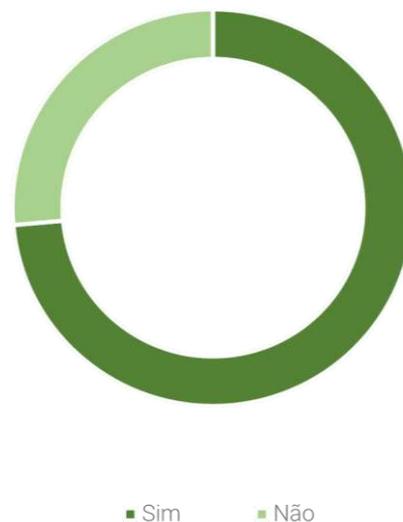


Fig. 11- Percentagem de aceitação em relação a um custo mais elevado por um vaso eco-friendly

2.2.2 Tempo de Agir

O custo dos produtos, para os seus utilizadores, considera-se um dos aspetos mais relevantes, pois o consumidor tem como preferência três pontos na compra de um produto:

Bom funcionamento;
Ser duradouro;
Possuir o menor custo possível.

“A qualidade em termos de negócio prende-se com a necessidade de satisfazer as expectativas dos consumidores, que podem ser explícitas ou implícitas. Um indicador de qualidade de um negócio pode ser aferido quando o cliente volta ou não a adquirir o produto. A fidelização do cliente à marca ou produto é provavelmente a medida mais básica de qualidade, porque os clientes exprimem a sua opinião sobre a qualidade do produto ou serviço através da importância económica que este representa para si.” (Relvas, 2017, p.31)

Considerou-se, de acordo com o inquérito realizado, que as pessoas se encontram desinformadas e, essencialmente, despreocupadas com a situação atual do Planeta. Com os resultados obtidos em relação aos valores praticados para cada tipo de vaso, concluiu-se de que os vasos eco-friendly feitos de fibras naturais, no caso específico, de coco,

são bastante mais baratos que outras soluções mais poluentes – de origem polimérica, por exemplo -, adquiridas pelos utilizadores questionados, sendo realizada uma pesquisa de mercado dos locais onde estes são habitualmente vendidos ao consumidor final. Além disso, os vasos biodegradáveis têm um custo muito aproximado dos vasos descartáveis de origem polimérica, assim, percebe-se de que o utilizador se encontra desinformado e retira conclusões precipitadas. Este prefere comprar um vaso prejudicial ao ambiente ao invés de um “amigo” do ambiente. A grande maioria dos questionados afirmou comprar um vaso biodegradável se tivesse oportunidade para isso, mas quando se perguntou quais os preços dispostos a pagar responderam o mínimo valor possível, igual ou pouco superior ao aplicado nos vasos descartáveis de material polimérico. Ora, na verdade, é mesmo isso que já se pratica, um preço bastante próximo dos vasos tradicionais, e, desta forma, se considera que os utilizadores deveriam de ser alertados destas soluções, pois não têm o total conhecimento das mesmas.

Devido ao uso amplo, os problemas com o descarte de resíduos plásticos agrícolas tornam-se cada vez mais graves. Existem diversos processos de degradação de materiais, mas os processos usados em materiais poliméricos tornam-se complexos, sendo o método de descarte mais aceitável para polímeros biodegradáveis a compostagem. No entanto, este requer uma infraestrutura, incluindo sistemas de colheita e instalações de compostagem, não representando uma solução prática para a maioria dos resíduos agrícolas em comparação com a biodegradação no solo. (Kyrikou & Briassoulis, 2007)

Desta forma, conclui-se que os profissionais da agricultura aliados a designers, necessitam de tomar uma iniciativa que informe os seus clientes e parceiros de forma a optarem por soluções inovadoras, sustentáveis e de economia circular, preferencialmente.

2.3 Sustentabilidade no Design

Questões relativas ao ambiente não eram uma grande preocupação antes do Século XIX, os recursos eram tidos como garantidos e infinitos, pensando-se que, eventualmente, a própria natureza se regenerava e acompanhava o ritmo dos gastos humanos. Atualmente, entende-se que este pensamento era de todo errado, e até então, o Homem tem tomado consciência das suas ações e respectivas consequências.

Em 1972, deu-se a primeira conferência com consciencialização deste problema e de como ele comprometia o futuro do Planeta. Esta aconteceu em Estocolmo, sendo a primeira conferência das nações unidas sobre o meio ambiente, onde os participantes adotaram uma série de princípios para uma boa gestão do meio ambiente, incluindo a Declaração de Estocolmo e o Plano de Ação para o Meio Ambiente Humano e várias resoluções. Um dos principais resultados da conferência de Estocolmo foi a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). (United Nations, 1972)

Sustentabilidade refere-se a conservar, armazenar ou fornecer o necessário para a permanência de algo, pelo máximo de tempo possível, sendo que no conceito atual se refere a um futuro ainda mais longo e distante ou mesmo à eternidade. Resumindo, algo projetado, desenvolvido e produzido de forma a não comprometer o futuro é sustentável. (World, Commission on Environment and Development, 1987)

Sustentabilidade Ambiental, é um termo que se refere a condições sistêmicas ao nível local e global, as ações humanas não perturbam os ciclos naturais mais do que a resiliência do Planeta assim o permite, e ao mesmo tempo não empobrecem o capital natural do Planeta que deve de ser compartilhando com

gerações futuras. A resiliência do Planeta, bem como o capital natural do mesmo são termos que se relacionam, sendo a capacidade que um ecossistema possui de forma a suportar certas perturbações sem perder irrevogavelmente as condições do seu equilíbrio, um conceito extensível globalmente; e a soma dos recursos não renováveis com a capacidade ambiental necessária para a produções dos renováveis, respetivamente. Estas limitações são baseadas em algo de carácter maioritariamente físico, sendo agrupadas a uma terceira limitação baseada na ética, o princípio da equidade. Este, afirma que numa estrutura sustentável todas as pessoas, inclusive de gerações futuras, têm direito ao mesmo ambiente, logo acesso aos mesmos recursos naturais, seja atualmente ou no futuro.

A possibilidade de prever (e pré-definir) aspetos relativamente à sustentabilidade ambiental não carece de nenhum tipo de determinismo histórico. Os pré-requisitos necessários são em relação a alguns fluxos físicos de materiais e energia, associados ao metabolismo da sociedade, fixando-se apenas neles. Mas, na verdade, as características reais da sociedade contemporânea ainda são bastante amplas. Dentro desta grande necessidade de alcançar sustentabilidade, uma superabundância de sociedades sustentáveis pode ser concebida em toda a sua diversidade. Partindo deste ponto de vista, o mero pressuposto da hipótese de alcance desta não predomina o futuro da sociedade moderna. Obtendo-se, assim, conclusões diretas sobre o tema, pois este enredo de complexos problemas expressa que nenhum movimento de alcance à sustentabilidade é viável, é necessária uma atenção redobrada a dimensões culturais e sociais do problema. É uma parte fundamental ao tema, mas a economia predomina. Níveis locais e, também globais do sistema sociotecnológico geral têm de se alterar radicalmente, na busca de novos ativos económicos que possibilitem suportá-lo. Por estas razões, é feito uso da expressão “transição suave”, utilizada para traçar planos

evitando roturas dramáticas nos sistemas económicos.

Uma transição voluntária implica a progressão de sugestões, com descontinuidades estruturais e contemporâneas em todos os níveis da sociedade conhecida nos dias de hoje. Esta transição é um processo de aprendizagem social e industrial, que ensina por meio de erros e contradições, à sociedade como ter uma vida melhor, com consumos reduzidos e recriando o ambiente onde se vive atualmente em algo melhor, mudanças abruptas nos processos de fabrico e materiais, nas empresas, com a redução da utilização de recursos e oferecendo a regeneração da qualidade de contextos sociais e ambientais a toda a sociedade, trabalhando em conjunto para os mesmos objetivos. (Manzini et al., 2008)

Como consumidor, este possui um papel relevante para que esta transição seja possível, desde alteração de atitudes, escolhas, níveis de consumo, entre outros fatores influenciadores no alcance à sustentabilidade. Concluindo, a sustentabilidade rege-se por três vastas dimensões de elevada importância: ambiental, económica e social. Todas se encontram inteiramente interligadas, sendo plausível o alcance da sustentabilidade apenas quando todas se encontram em harmonia de grupo.

2.3.1 Design Circular e Sustentável

Atualmente, ao visitar um aterro será possível encontrar diversos tipos de objetos: móveis, televisões, roupas, computadores, produtos complexos e bastante plástico, bem como materiais orgânicos como madeira, papel e desperdícios alimentares.

A maioria destes produtos nasceram de matérias-primas valiosas, que exigiram esforço e despesas para serem extraídas e produzidas, num valor de bilhões de dólares e num valor incerto para o ambiente. Materiais biológicos têm valor, pois estes apresentam uma capacidade peculiar de se decompor, oferecendo ao solo nutrientes biológicos. Ainda assim, o aumento do descarte de toda tipologia de coisas referidas, onde o valor de cada é desperdiçado, apresentam o produto final de um sistema industrializado projetado num método linear. Ou seja, recursos extraídos e transformados em produtos, são vendidos e, posteriormente, descartados em aterros sanitários ou em incineradores, sem uma segunda oportunidade.

O conceito Cradle-to-grave (nascimento à morte), domina a manufatura moderna. A ideia presente no utilizador de que o seu produto se encontra desatualizado ou que tem menor valor que o arranjo, acarreta consigo uma realidade egoísta, pois por ser mais barato comprar um novo produto ou até mesmo o modelo mais recente, proporciona a uma maior percentagem de descarte dos mesmos, provocando problemas ambientais graves conhecidos pela Humanidade.

Muitos produtos são projetados com “obsolescência² embutida”, com o objetivo de uma duração pré-determinada. Permite-se a cada utilizador desperdiçar algo em bom estado por um novo modelo. Os consumidores, infelizmente, não possuem consciência do

²Obsolescência- é a desclassificação tecnológica do material industrial, motivada pela aparição de um material mais moderno.

(In Dicionário Priberam da Língua Portuguesa [em linha], 2008-2021,)

resultado desta ação, mas o produto posto no lixo, equivale, em média, apenas a 5% das matérias-primas utilizadas no processo de fabricação e distribuição de cada produto.

A intenção do design tem vindo a alterar-se dia após dia, com o propósito de desenvolver produtos atraentes e acessíveis, atendendo às regulamentações de bom desempenho e duração suficiente para satisfação das expectativas do mercado. Estes produtos permitem cumprir com desejos do fabricante e algumas expectativas do consumidor. (McDonough et al., 2002)

Na perspetiva de McDonough & Braungart (2002), estes produtos que não são projetados especificamente para a saúde humana e ecológica são pouco inteligentes e deselegantes- aquilo a que chamam de *produtos brutos* (p.37). Estes produtos são produtos que advêm de várias partes do Mundo, muitas das vezes com materiais tóxicos que libertam toxinas, produzindo má qualidade do ar e, conseqüentemente, doenças. (McDonough et al., 2002)

O papel do design para minimizar situações como esta, parte duma consciencialização do utilizador, pois vivemos numa comunidade bastante consumista, mas o designer encontra-se numa situação aparentemente paradoxal. O facto de se pretender mudar o mundo para um lugar onde o bem-estar esteja menos relacionado com aquisição de novos artefactos, para o designer é tarefa complicada, pois a única maneira de o fazer como profissional da área é propor novos produtos e serviços. Será assim possível exceder esta contradição?

Acredita-se que a resposta seja sim, pois o designer não tem sobre sua posse a autoridade para obrigar cada utilizador a mudar os seus hábitos de vida, mas ao oferecer soluções, produtos e serviços que possam ser considerados melhor que as ofertas disponíveis, captará a atenção de alguns consumidores.

Um designer quando projeta algo terá de ter em atenção qual o ciclo de vida do seu

produto, o que significa que o produto é analisado de acordo com os seus fluxos de energia, recursos e emissões durante a sua vida útil. Assim, o ciclo de vida abrange todas as etapas do produto, começando pela extração das matérias-primas utilizadas e fabricação dos componentes até ao fim de vida do mesmo.

Pré-produção;
Produção;
Distribuição;
Utilização;
Descarte.

A projeção de um bom produto não pode ser apenas baseada no cumprimento de requisitos ambientais, obviamente, apresentando-se apenas como um produto ecoeficiente³. É necessário satisfazer outros requisitos típicos do design de produtos, como desempenho, requisitos tecnológicos, económicos, legislativos, culturais e estéticos. (Manzini et al., 2008)

As estratégias de projeto de ciclo de vida são (Manzini et al., 2008, p.64):

- Minimizar o consumo do material e energia;
- Seleção de processos e recursos de baixo impacto;
- Otimização da duração do produto;
- Prolongamento da vida útil do material;
- Facilitar a desmontagem, conceção com o objetivo de separar componentes.

³Ecoeficiência- é um termo proposto por World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), e refere-se à relação entre o valor do produto e o seu impacto ambiental.

(in Manzini et al., 2008)

“ TL02 There is an urgent need to redesign all products now. Sustainability can only be achieved through better design.

”

(Datschefski, 2001, pág.9)

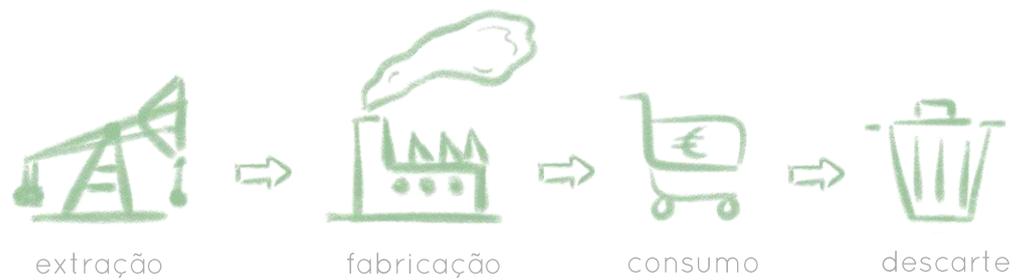


Fig. 12

2.3.1.1 Economia Linear

Neste sistema de gestão, como referido anteriormente, os produtos possuem um ciclo de vida pré-determinado e com um processo linear. As matérias-primas são extraídas, produzidas, vendidas e acabam por ser descartadas rapidamente.

Aterros sanitários ou incineradores são o destino mais comum neste processo, acumulando várias matérias, onde se incluem também materiais biodegradáveis. Este sistema acaba por esgotar recursos e leva ao esgotamento do Planeta, pois o ser humano descarta preocupações e responsabilidades, obrigando a natureza a se autorregular e repor.

Todo o processo resulta em vários recursos produzidos pelo Homem que a natureza não tem a capacidade de absorver e transformar em nutrientes, por exemplo, aquilo a que se intitula de desperdício e lixo.

Este é um modelo que necessita de alternativas e da consciencialização do ser humano para cada atitude tomada.



Fig. 13

2.3.1.2 Economia Circular

O mundo natural é o melhor exemplo de uma economia sustentável. No seu funcionamento, os nutrientes passam a resíduos e os resíduos passam a nutrientes (McDonough et al., 2002), nada é considerado desperdício, tudo se reintegra ou se transforma numa nova função. Este modelo, ao contrário do modelo linear, é focado na natureza e pretende um desenvolvimento sustentável para consciencialização da problemática em volta do descarte.

Na economia circular as matérias-primas são extraídas, produzidas - com uma boa gestão do desperdício, de forma a minimizá-lo ao máximo - e vendidas. Os produtos podem ser reparados e reutilizados antes do seu descarte, ao atingirem o seu ciclo de vida são reciclados, de forma às matérias-primas regressarem às indústrias. Assim, os recursos e objetos provenientes dos mesmos, são transformados e reutilizados para o mesmo fim ou outro, mantendo os materiais no ciclo produtivo, criando fluxos renováveis, circulares e que funcionam harmoniosamente com a natureza.

O próprio sistema da empresa pode influenciar, se o mesmo for mais eficiente e autossustentável. Um exemplo é a utilização da luz solar ao invés da utilização energética da empresa, quando o é possível.

03

METODOLOGIA

OBJETIVO

Criação material biodegradável no âmbito do comércio de hortícolas e flores, integrando resíduos provenientes do setor pela valorização dos mesmos

PESQUISA



EXPERIMENTAÇÃO



AMOSTRAS
APLICAÇÕES



AVALIAÇÃO
(testes e ensaios)



CONCLUSÕES DO MATERIAL

É inovador?
É viável e pertinente?
Cumpre os requisitos de sustentabilidade?
Possível de executar por um preço acessível?
Como confirma ou contradiz os princípios defendidos?
Resolve o problema do produtor?

Para atingir o objetivo pré-definido para esta investigação, o projeto terá de passar por várias etapas: PESQUISA, EXPERIMENTAÇÃO, AMOSTRAS E APLICAÇÕES, AVALIAÇÃO e, por fim CONCLUSÕES DO MATERIAL.

OBJETIVO

Criação de material biodegradável no âmbito do comércio de hortícolas e flores, integrando resíduos provenientes do setor pela valorização dos mesmos

PESQUISA



EXPERIMENTAÇÃO

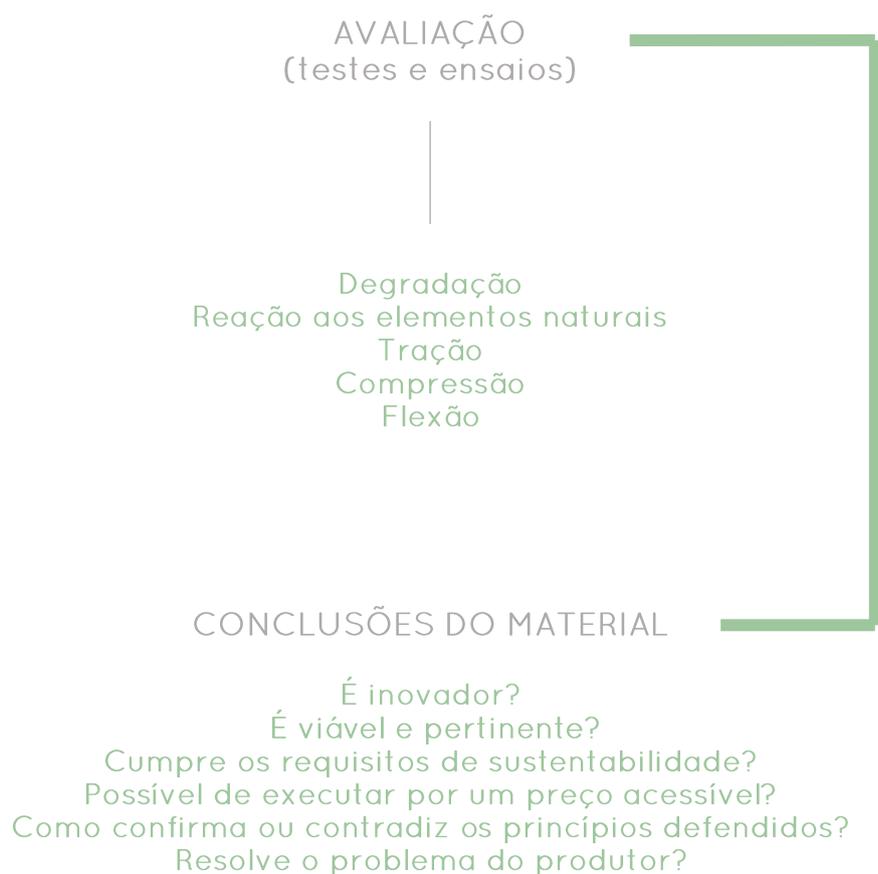
As etapas de pesquisa e experimentação estarão a ser praticadas em simultâneo, pois, primeiramente, é feita a seleção de receitas e ingredientes existentes, recolha e secagem de fibras para agrupamento às receitas. Após a execução destas etapas, dá-se início à fase de amostras e suas aplicações para testagem do material.

AMOSTRAS
APLICAÇÕES

Observação
Testagem
Degradação

Possibilidades de Conformação
Afinações e variações de receitas
Identificação de possíveis problemáticas

A próxima etapa é de avaliação, onde são feitos testes e ensaios, desde ambientais a mecânicos, para melhor percepção das características do material, bem como o seu comportamento em contato com elementos naturais, como água e terra. Assim, é possível identificar se o material final cumpre com todos os requisitos definidos, como outras necessidades.



04

PROJETOS DE REFERÊNCIA

4.1 Spawnfoam

Spawnfoam é uma empresa nacional, criada em 2017 como start-up. Sendo uma empresa de biotecnologia que desenvolve biomateriais para aplicações diversas.

A junção de resíduos orgânicos, agroflorestais e fungos, como resíduos da agricultura e da limpeza de florestas, originam um biocompósito biodegradável. Utiliza-se a quitina de cogumelo como matriz produzindo, assim, o compósito referido anteriormente. Desta forma, promove-se a transição para uma economia circular neste nicho de mercado.

Os vasos biodegradáveis além de ecológicos prometem melhorar a taxa de sucesso da plantação, estes colocam-se diretamente na terra e vão se biodegradando com o passar do tempo, o que oferece uma pegada ecológica reduzida, melhor sustentabilidade do planeta, bem como nutrientes à própria planta.

Vasos ornamentais, isolamentos acústicos e térmicos, são outras das aplicações deste biocompósito biodegradável. (Spawnfoam, 2019)



Fig. 14- exemplo de produto desenvolvido pela marca (Spawnfoam, 2019)



Fig. 15- processo ilustrado de representação do produto (Spawnfoam, 2019)

4.2 AgriDust

Marina Ceccolini

AgriDust é um projeto de recuperação e valorização de resíduos alimentares, criados por todos no cotidiano. Como reaproveitamento de resíduos como cascas de sementes e frutas, Marina Ceccolini desenvolveu uma solução – material – aplicada em vasos para plantas e embalagens.

O processo de produção do material que resulta destes resíduos é totalmente atóxico e biodegradável, feito com 64,5% de resíduos orgânicos e 35,5% de amido de batata (aglutinante). Os resíduos selecionados para este projeto foram borra de café, casca de amendoim, casca de tomate, vagem de feijão e partes desperdiçadas da laranja e do limão.

Além das aplicações exploradas por Marina, este material poderá ser aplicados em diversas áreas pelo seu potencial. (Ceccolini, 2015)

Fig. 16- Vasos desenvolvidos com resíduos de amendoim e café (Marina Ceccolini, 2015)



Fig. 17- Produtos desenvolvidos com borra de café (Marina Ceccolini, 2015)



Fig. 18- material desenvolvido (Marina Ceccolini, 2015)

4.3 Kuori

Sara Harbarth

Devido aos problemas ambientais cada vez mais frequentes, soluções ecológicas são desenvolvidas e estudadas. Kuori é um projeto de reaproveitamento de resíduos orgânicos resultantes da casca da banana. A importação de bananas na Suíça aumentou significativamente e sendo que uma das partes desta fruta é desperdiçada na totalidade, em termos de desperdício alimentar geral, deve-se ressaltar que 1/3 da banana é a casca. Este projeto é o trabalho de pesquisa de novos materiais partindo da casca da banana e das suas aplicações numa Economia Circular. As áreas de aplicação são muito diversas, dependendo do processamento e utilização dos diferentes componentes, Kuori pode ser aplicado tanto como material no setor têxtil, como objeto de uso único sustentável, no setor de embalagens ou impressão 3D. (Future Materials Bank, 2021)



Fig. 19- Exemplo de produto desenvolvido (Sara Harbarth, 2020)



Fig. 20- representação das aplicações do material (Sara Harbarth, 2020)

4.4 Rebirth

Zhenjing Lang



Fig. 21- cores obtidas por tingimento material (Zhenjing Lang, 2019)

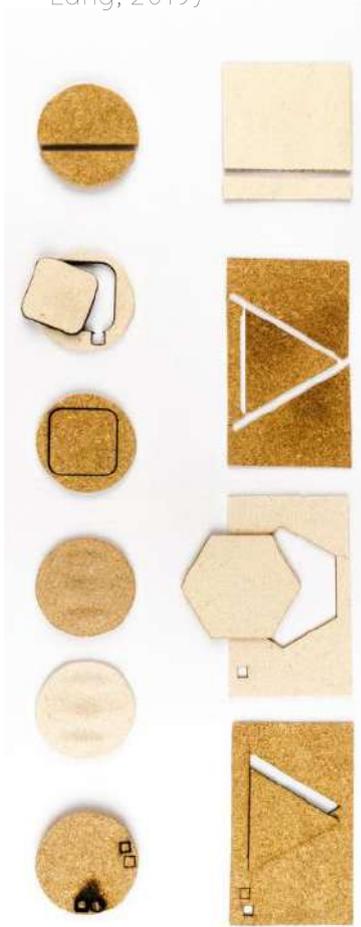


Fig. 22- corte a laser (Zhenjing Lang, 2019)

Rebirth tem como objetivo o reaproveitamento de resíduos agrícolas, cana-de-açúcar e palha de arroz, em particular. Caso contrário, a palha seria queimada em grandes fogueiras rurais, prejudicando a qualidade do ar, contaminando lençóis freáticos e, conseqüentemente reduzindo a fertilidade dos solos.

O biomaterial projetado a partir destes recursos naturais consiste na criação de um material biodegradável de origem local, em forma de folhas finas de propriedades semelhantes ao cartão, e mais grossas equivalentes ao MDF e madeira.

O projeto explorou aplicações como embalagens de comida, vasos de plantas e material de superfície com base em equipamentos que estariam prontamente disponíveis na China rural. Pode ser moldado, cortado a laser e tingido. (Lang, 2019)



Fig. 24- aplicação destinada a produtos alimentares (Zhenjing Lang, 2019)



Fig. 23- vasos desenvolvidos com placas cortadas a laser e encaixadas entre si (Zhenjing Lang, 2019)

4.5 Agro

Berta Daina Troguet

O projeto Agro baseia-se na compilação da gastronomia com o design, incentivando os mercados tradicionais através do consumo de produtos locais e sazonais. A reciclagem e economia circular dos resíduos orgânicos destes mercados, origina na criação de um bioplástico. Este foi um desafio proposto para solucionar esta necessidade bem como combater o uso excessivo de sacos de plástico tão utilizados nestes locais.

O projeto é uma produção DIY - TL03 Do It Yourself - o que difere de uma produção normal de sacos de plástico sendo que está economiza recursos e também eficiência energética. A grande percentagem do material pertence aos resíduos orgânicos provenientes do desperdício alimentar- 80% composto por casca de fruta, além de água, glicerina vegetal, vinagre branco e farinha de milho.

Reforçando a todo o momento as propriedades comunicativas e os valores destes materiais, decidiu-se desenvolver uma coleção de sacos em bioplásticos e também uma coleção de louças em biocerâmica. (Distributed Design, 2020)



Fig. 27- Louças em biocerâmica (Berta Troguet, 2019)



Fig. 25- material (Berta Troguet, 2019)



Fig. 26- Saco feito de desperdícios alimentares (Berta Troguet, 2019)

05

EXPLORAÇÃO

5.1 Contextualização

O objetivo da criação de um biomaterial ligado ao conceito de economia circular, sustentabilidade e biodegradabilidade começou pela exploração de receitas de bioplásticos com a integração de resíduos e a sua experimentação, com o avanço do projeto, as receitas - síntese de uma biomatriz possível de ser usada na criação de compósitos em contexto de economia circular - foram aumentando e o interesse e motivação igualmente cresciam.

Esta metodologia é apenas prática, o desconhecimento e imprevisibilidade da criação e manipulação de materiais conquistou bastante interesse e motivação na experimentação de diversos ingredientes, aglutinantes, fibras e tipos de secagem.

A aprendizagem ao longo deste trabalho foi imensa, tal como a noção de como é possível fazer biomateriais com ingredientes usuais nas cozinhas tradicionais, de forma simples e bastante prática, sem ser necessária a ação de fontes de calor artificiais, apenas a energia solar.

Afinal porque os biomateriais parecem muitas vezes uma ideia distante e difícil de adquirir?



Fig. 28

5.2 Pesquisa de Receitas



Fig. 29

Como já referido, a primeira fase de exploração do biomaterial foi a pesquisa de receitas. Após a pesquisa, várias receitas base foram selecionadas e após esse passo foi adicionado o ingrediente-chave - fibras provenientes de resíduos de plantas hortícolas. Como esta fase é mais exploratória, a adição de fibras teve como objetivo entender o funcionamento delas agregadas a receitas base (matrizes), percebendo quais resultavam em melhores características para a aplicação pretendida. Assim, esta fase foi completamente exploratória de forma livre sem seguir qualquer procedimento pré-definido ou pré-executado, sempre com as receitas base como complemento essencial. Ao longo das amostras resultantes de cada receita selecionada, novas pesquisas eram executadas conforme os resultados obtidos bem como as necessidades que surgiam para ser possível atingir o melhor resultado pretendido.

O ingrediente-chave foi assumido desta forma devido a ser um ingrediente diferenciador e inovador neste tipo de materiais. Fibras de diversos resíduos de plantas hortícolas foram utilizadas, das quais: alface, curgete, pepino, beringela, tomate e outras.

Estes resíduos são provenientes de um mercado extenso, pois estufas de grandes dimensões como pequenos vendedores deste tipo de produtos têm ao longo do tempo desperdícios - plantas em desenvolvimento

(caule e folhas) -, devido à perda de qualidade dos produtos, não sendo mais possível a sua venda, ou pelo término da época de plantação de determinada planta. Os resíduos resultantes deste desperdício na maioria não têm qualquer aproveitamento ou qualificação, sendo deteriorado com a ação do tempo. Assim, a utilização destes resíduos inseridos num contexto de economia circular permite um reaproveitamento dos mesmos, bem como agregam valor e inovação ao material desenvolvido.

As receitas base possuem ingredientes que servem como aglutinante, em geral constituídas por água, farinhas e vinagre. Alguns ingredientes não são comuns a todas as receitas, como glicerina vegetal, ágar-ágar, bicarbonato de sódio e gelatina em pó, nos quais diferentes resultados se obtinham nas amostras de cada receita, mais visíveis e perceptíveis do que nas diferentes fibras utilizadas.

Para o procedimento da receita foi necessária a trituração dos resíduos para adicionar à mistura feita num fogão, após isso a fonte de secagem das amostras seriam por ação do calor proveniente do sol, maioritariamente, ou pela ação de calor artificial- forno.



Fig. 30- diversas amostras realizadas ao longo do trabalho

5.3 Experiências e Problemática dos Ingredientes

Serviram de base para a pesquisa do material mais adequado aos objetivos definidos, quatro receitas distintas com diversos ingredientes, referidos anteriormente.

Em cada experiência foi feito o registo fotográfico e literário de cada uma das etapas e dos seus comportamentos, bem como os resultados atingidos e conclusões finais dos mesmos.

Neste subcapítulo, são identificados problemas e características que necessitam de ser solucionadas, algo que será abordado no próximo subcapítulo (5.4), onde a seleção dos ingredientes e tipo de fibras mais adequadas- como as suas respetivas quantidades e método de produção do material- são exploradas e relatadas com o acompanhamento de imagens elucidativas e comparativas entre os resultados obtidos em ambas as experimentações.



Fig. 31- Representação geral do método utilizado.

RECEITA BASE #1

A primeira receita base explorada resulta de um projeto referência - Agro -, no qual os ingredientes são água, amido de milho, vinagre, glicerina vegetal e adicionalmente os resíduos de plantas hortícolas.

Esta provém do projeto Agro da designer Berta Troguet, substituindo apenas o tipo de resíduos, pois a mesma utilizou desperdícios alimentares como ingrediente natural. Em oposição, na exploração do presente projeto foram utilizadas fibras provenientes de hortícolas- alface semi-seca, alface seca, curgete semi-seca e folhas de tomate secas (fig.32).



Fig. 32- resíduos utilizados na receita base #1

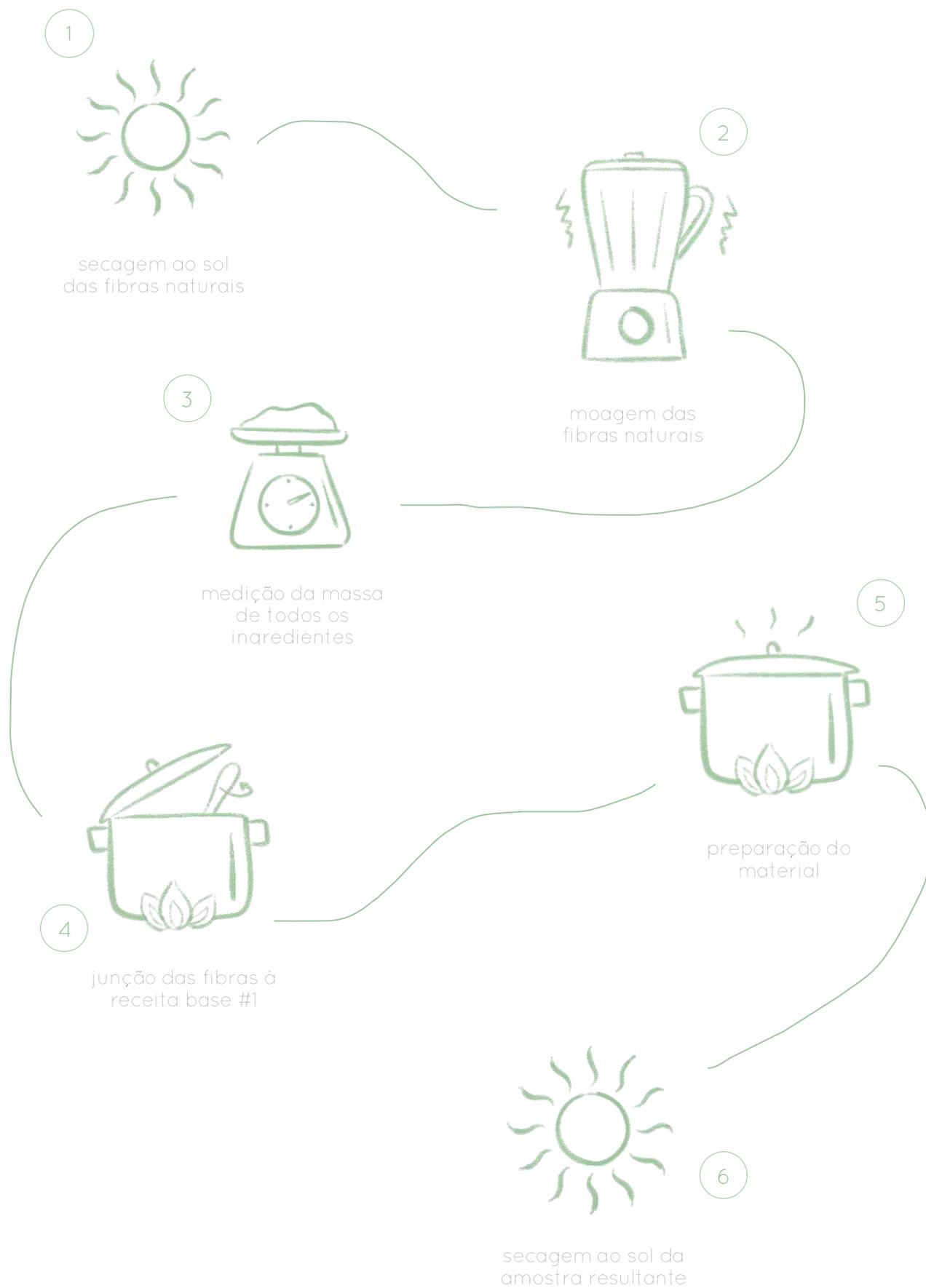


Fig. 33- representação do método de produção das amostras resultantes da receita base #1

Alface semi-seca #1_1

A primeira adição à receita base foram fibras de alface semi-seca - estado verde e seco.

A visualização das fibras e cor proveniente da ação do sol no material são características interessantes e apelativas ao mesmo, como se pode verificar na seguinte figura (34).



Fig. 34- amostra resultante da receita base #1 com fibras trituradas de alface semi-seca.

Alface seca #1_2

A fibra adicionada à receita após a alface semi-seca foi a mesma variedade da planta, com a distinção que esta se encontrava no seu estado completamente seco. Tal como na anterior, depois de feita a secagem das fibras, estas foram trituradas com o objetivo de serem adicionadas à receita base #1.

A primeira conclusão retirada de imediato é a cor e textura sentida, pois esta amostra apresenta uma cor mais escura que a anterior e uma textura mais “estaladiça”, sendo facilmente desfeita com a pressão dos dedos, simplesmente. Ainda assim, em termos de visualização, as fibras na matriz do material continuam a ser algo bastante interessante e apelativo tal como aconteceu na amostra de alface semi-seca.



Fig. 35- amostra #1_2



Fig. 36- amostra resultante da receita base #1 com fibras trituradas de alface seca.

Curgete semi-seca #1_3



Fig. 37- amostra resultante da receita base #1 com fibras trituradas de curgete semi-seca.

As amostras resultantes desta experimentação advêm de fibras de curgete semi-seca - caule e folhas -, sendo que na figura 37, foram trituradas as fibras obtendo-se dimensões variáveis, sendo a maior de 10mm, aproximadamente. Na figura 38, a amostra é visivelmente diferente, pois as fibras foram trituradas, com a distinção de que as dimensões obtidas foram superiores a 10mm, resultando em dimensões variáveis igualmente.

A visualização de fibras é bastante interessante na amostra proveniente das fibras de maior comprimento - menor tempo de moagem (fig. 38), por serem mais visíveis. Além desse aspecto, a amostra tem bastantes fissuras que fazem com que o material seja frágil e facilmente "rasgado", característica contrariamente pretendida para o material final, em ambas as amostras resultantes desta experimentação.

Fig. 38- amostra com resíduos maiores



Folhas de tomate secas #1_4

O último teste com a receita base #1, apresentou resultados idênticos à anterior - com fibras de curgete - ,pois as folhas da planta de tomate, foram trituradas e adicionadas à mesma, depois da mistura seca, a amostra apresentou fissuras que resultam num material com pouca resistência, por se romper facilmente, como uma folha de papel, por exemplo.

Na amostra #1_1 (alface semi-seca), a espessura do material resultante da experimentação era idêntica à resultante das folhas de tomate secas, apesar disso, as conclusões finais são distintas. Ambas apresentam uma espessura muito fina, mas a amostra #1_1 apresenta melhor comportamento quando submetida a uma força de tração “manual” (puxadas duas extremidades em direções opostas) que na amostra #1_4, o material divide-se em duas partes em poucos segundos, talvez devido à grande quantidade de fissuras que fazem com que o material não seja uniforme e tenha pontos de fraqueza ao contrário da outra amostra.



Fig. 39- amostra resultante da receita base #1 com fibras trituradas da folha de plantas de tomate secas.



Fig. 40- comparação das amostras #1_4 e #1_1, respetivamente.

RECEITA BASE #2

A segunda receita base explorada resulta da mistura de diversos ingredientes como água, gelatina em pó, glicerina vegetal e adicionalmente os resíduos de plantas hortícolas.

Para esta receita apenas foram adicionados resíduos de plantas de curgete e alface seca. O método foi semelhante ao utilizado na receita base #1, com exceção da utilização de fonte de calor artificial e controlada (forno doméstico) numa das amostras.



Fig. 41- resíduos utilizados na receita base #1, curgete e alface, respetivamente.

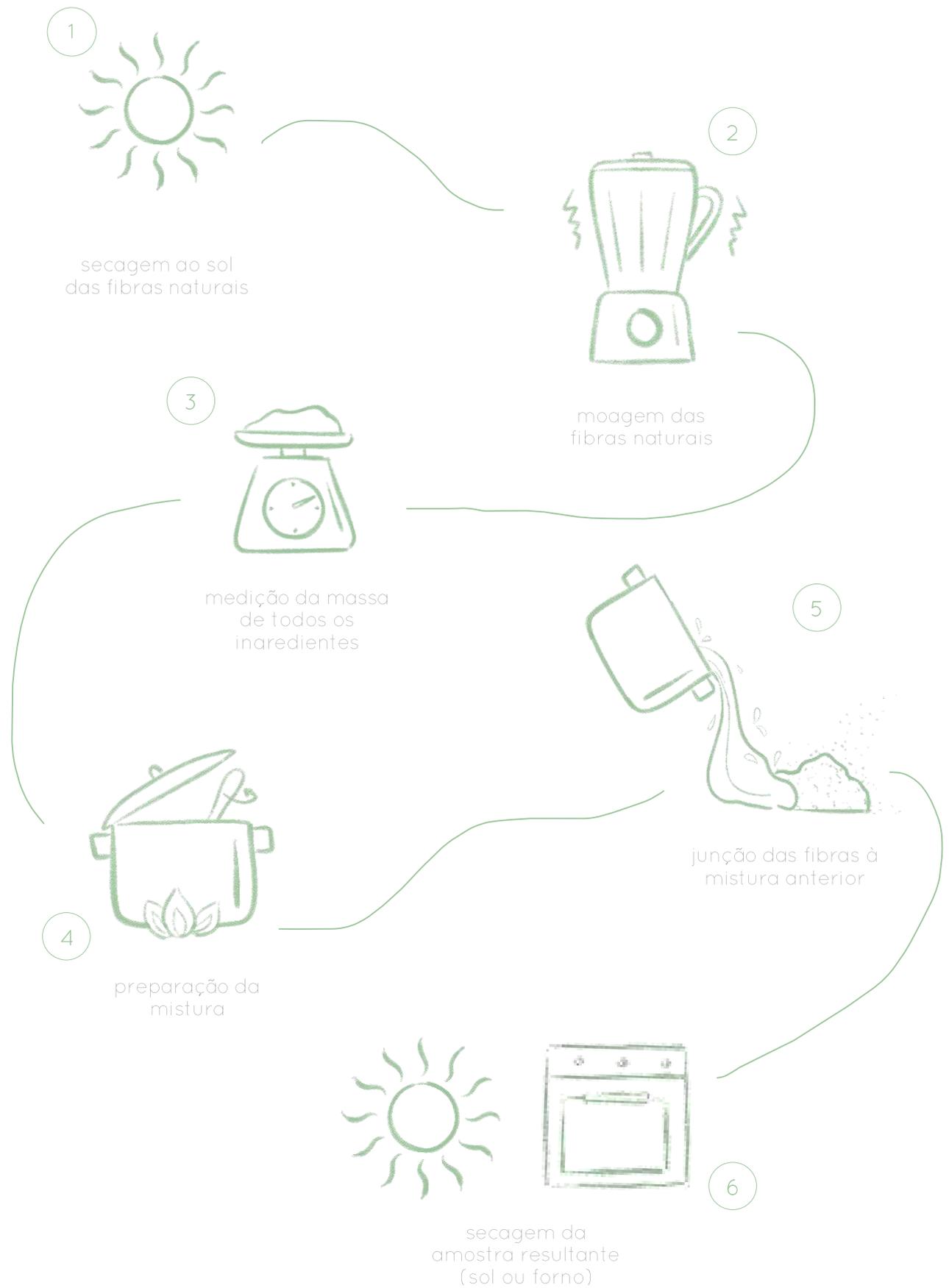


Fig. 42- representação do método de produção das amostras resultantes da receita base #2

Curgete seca #2_1

Na primeira experimentação da receita base #2, foram adicionados resíduos de curgete secos, como na receita base #1. Apesar das fibras serem as mesmas, os resultados foram bastante distintos, mas o processo de cura do material também o assim fora, pois desta vez foi utilizada uma fonte de calor artificial e controlada- forno doméstico. Após 40 minutos a 180 °C, o material começou a apresentar alguma secura e foi deixado ao sol por 24 h, até secar totalmente.

Esta amostra mostra uma consistência idêntica a uma cortiça, por exemplo, pois de um dos seus lados, apresenta uma textura lisa e suave - devido a maior presença de polímero na base (por gravidade), adquirindo a “forma” da superfície de contato - e quando pressionado com os dedos, sente-se que tem algum amortecimento, apesar de não terem sido realizados ensaios mecânicos à amostra, características sobressaltam e são facilmente visíveis com o simples manuseamento do material.

Fig. 43- amostra resultante da receita base #2 com fibras de curgete secas (cura no forno e sol)



Alface seca #2_2

Na seguinte experiência foram utilizados resíduos de alface secos. Contrariamente à anterior, esta foi curada apenas com o sol como fonte de calor, no qual esteve exposta ao mesmo durante 4 dias, uma média de 24 horas de exposição solar dada a altura do ano (verão).

Os resultados obtidos em ambas as amostras resultantes desta receita base (#2) são dispares. Na amostra #2_1, a textura é seca e rugosa dum lado e gelatinosa e lisa no lado oposto. Uma textura mais gelatinosa, foi o resultado da amostra #2_2, sendo algo fino e facilmente rasgado, apesar da sua forma consistente, sem falhas ou fissuras que provoquem essa fraca resistência.

Além disso, o material foi submetido a testes de forma no qual não se obteve os resultados pretendidos, pois pela mistura ser bastante líquida, e mesmo tendo um molde a criar pressão para a mistura se espalhar uniformemente pelo molde, esta não secou totalmente e acabou por criar fungos. Assim, percebeu-se que o material não se adequava aos requisitos pretendidos desde o início do projeto.

Fig. 44- amostra resultante da receita base #2 com fibras de alface secas.



Fig. 45- resultado dos testes de forma



Fig. 46- exemplo de molde utilizado



RECEITA BASE #3

Nesta receita encontra-se um ingrediente não explorado até então, o ágar-ágar.

“O ágar-ágar é uma substância mucilaginosa que se encontra em plantas marinhas e é comercialmente extraído das paredes celulares das algas marinhas vermelhas. Uma vez seco, emprega-se em meios de cultura microbiológica e em preparações como agente solidificante.” (Infopedia, 2021)

Além deste ingrediente, água, glicerina vegetal e resíduos da planta de alface triturados foram acrescentados à mistura.



Fig. 47- resíduos de alface secos e triturados utilizados na receita base #3.

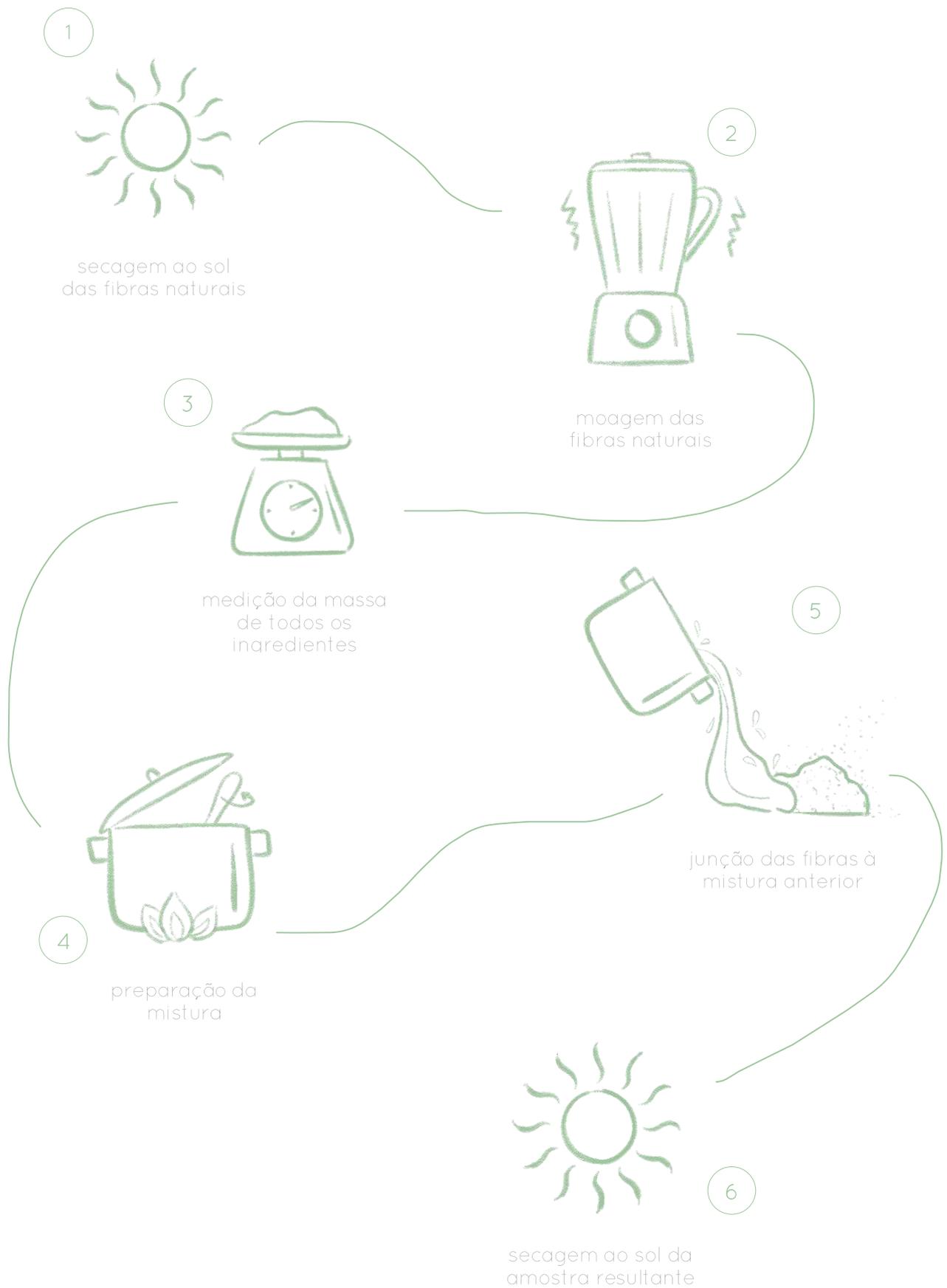


Fig. 48- representação do método de produção das amostras resultantes da receita base #3

Alface seca #3_1

O ingrediente ágar-ágar transforma-se rapidamente num gel sólido por ação de temperaturas inferiores a 38 °C. Assim, a mistura foi feita num fogão doméstico e de seguida colocaram-se os resíduos da alface trituradas num recipiente e verteu-se a mistura ainda quente por cima (Fig.48).



Fig. 49- amostra antes do processo de cura com zonas secas visíveis (aspeto de gelatina transparente)

A mistura quando colocada no recipiente já começava a secar, logo não houve uma adesão consistente das duas soluções (receita base #3 e resíduos hortícolas). Logo, a solução proveniente desta experimentação resultou numa deformação clara do material, aparecimento de fungos e uma secagem demasiado rápida que fez com que o material não obtivesse uma consistência homogénea.

O material final resultante tem características que não se enquadram nos requisitos pré-estabelecidos. Primeiramente, a deformação presente na amostra sugere que o material não seja de fácil moldação e alcance da forma pretendida. De seguida, o material é bastante rígido, mas quebradiço e pouco homogêneo na mistura dos seus principais ingredientes.



Fig. 50- amostras resultantes da receita base #3 (deformação acentuada visível no material)

RECEITA BASE #4

A receita base #4, tem como ingredientes água, glicerina vegetal, gelatina em pó e resíduos de pepino secos e triturados.

Pelos resultados obtidos e a anotação de pormenores ocorridos ao longo do processo de cura do material, decidiu-se não utilizar outras fibras como experimentação desta receita, pois com a evolução da experimentação das receitas, chegou-se à conclusão de que as fibras apenas auxiliam a receita base e pequenas alterações ocorrem de fibra para fibra.

Concluindo, apenas foram executadas amostras com resíduos de pepino pelas razões apresentadas de seguida e acompanhadas de figuras que comprovam e fortalecem as mesmas, tal como na receita anterior.



Fig. 51- resíduos de pepino secos e triturados utilizados na receita base #4.

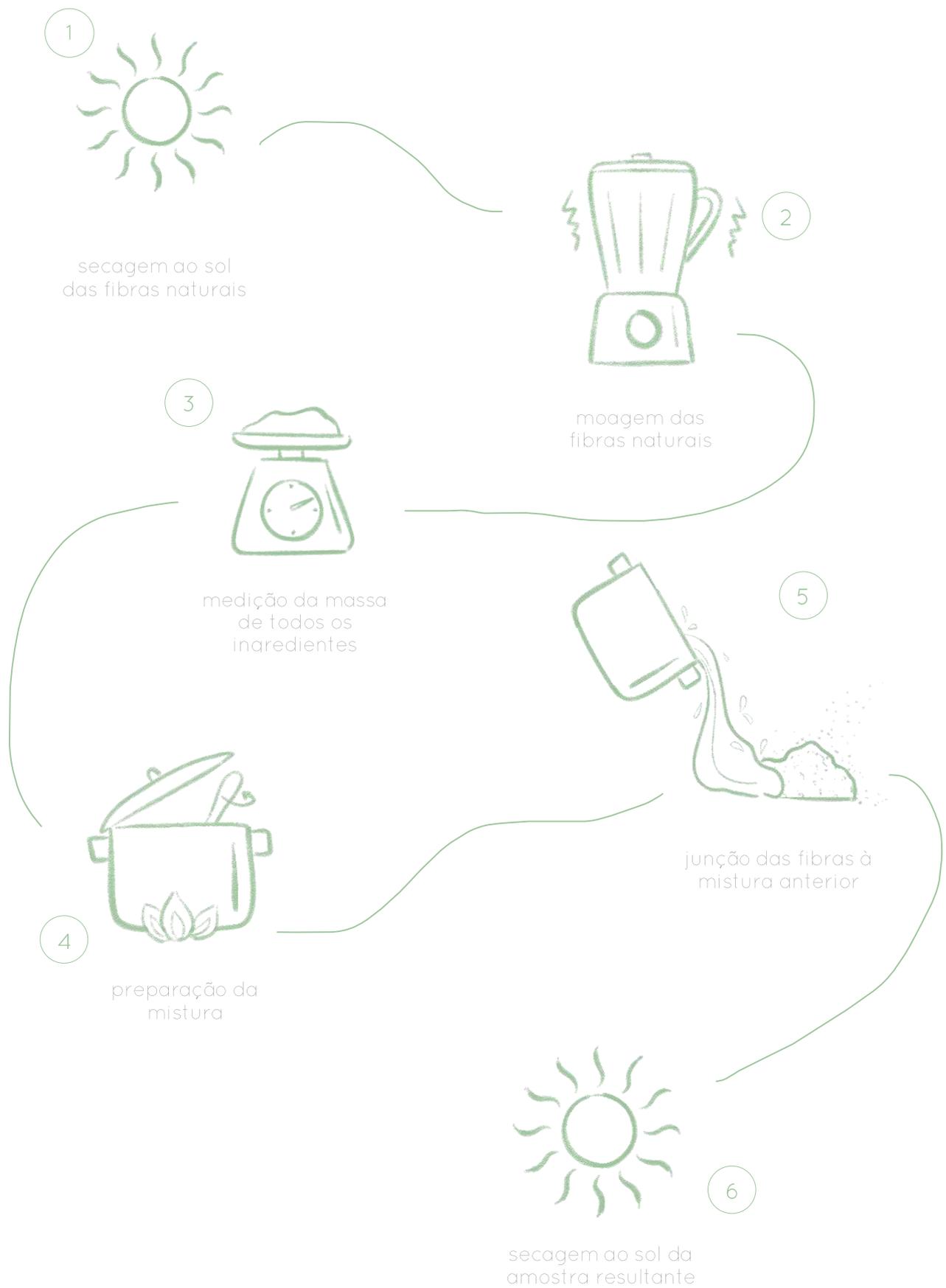


Fig. 52- representação do método de produção das amostras resultantes da receita base #4

Pepino seco #4_1

Depois da determinação da massa dos ingredientes e mistura dos mesmos com auxílio da ação do calor de um fogão, foi obtido um líquido. Este foi vertido para cima das fibras de pepino, previamente secas e trituradas.

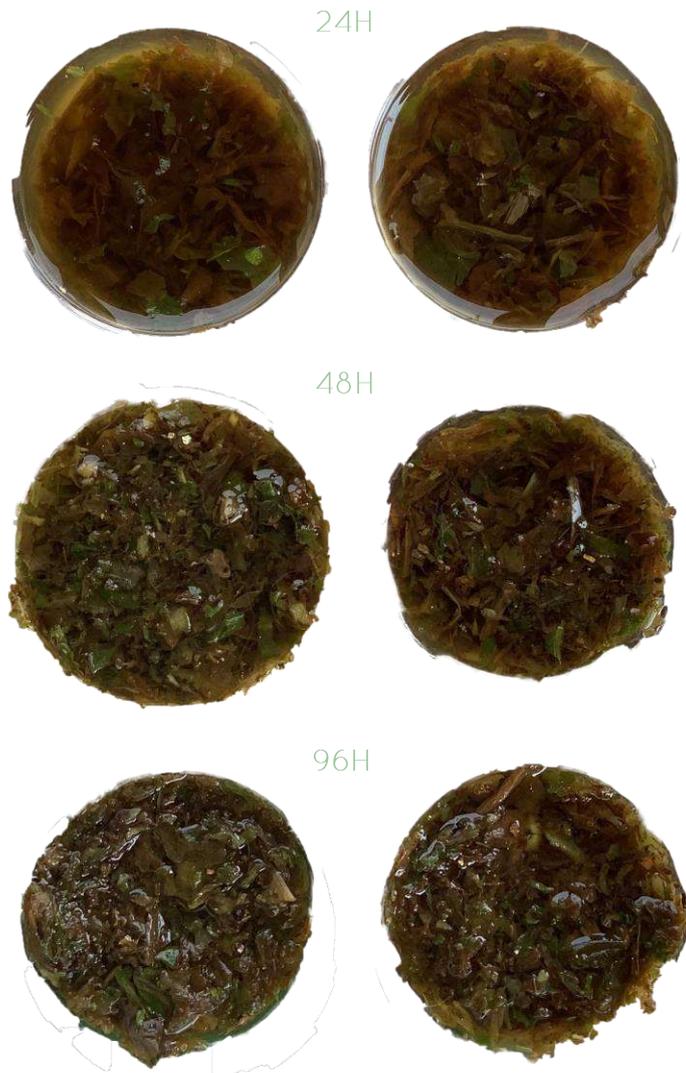


Fig. 53- processo de secagem das amostras #4_1

Ao longo do processo de cura das amostras através da ação do sol, é notável que estas não secaram na sua totalidade ao fim de 4 dias, logo, o aparecimento de bolor e outros fungos era espectável, como se pode verificar nas seguintes imagens.

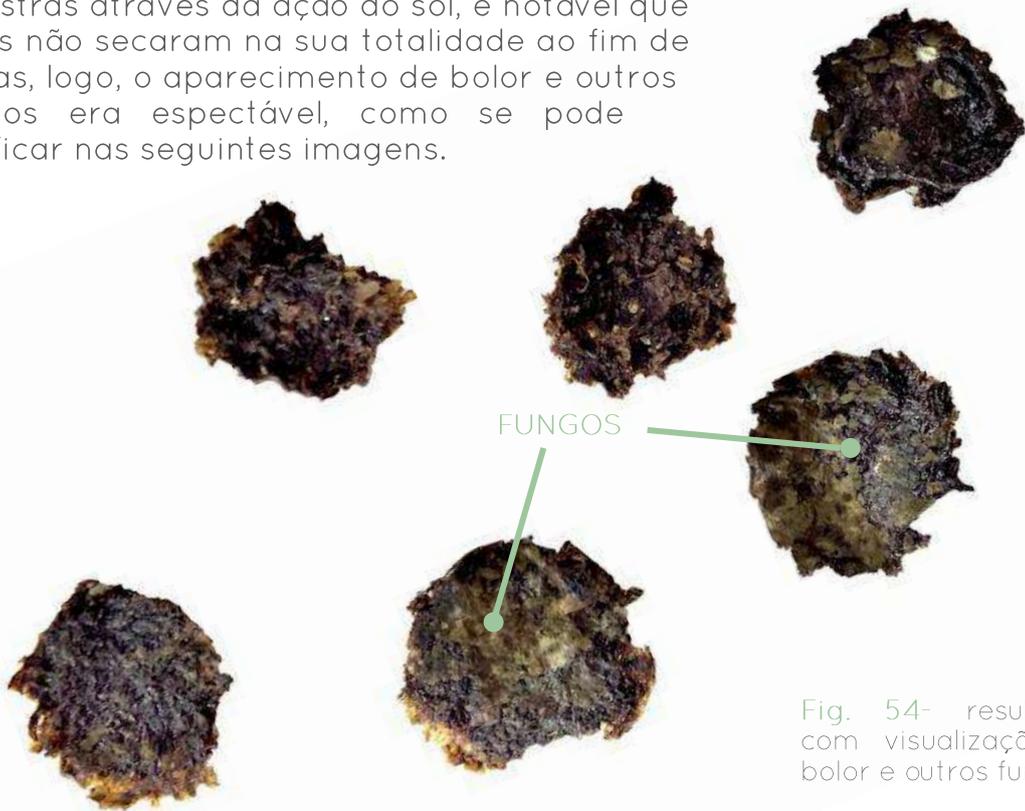


Fig. 54- resultados com visualização de bolor e outros fungos

Além da presença de fungos, as amostras contraíram e, conseqüentemente, houve deformação. Por ser uma solução tão líquida, torna-se bastante difícil de moldar e tem um tempo de secagem demorado.

Posto isto, colocou-se uma nova amostra no forno por 40 minutos a 80 °C, do qual resultou na evaporação da mistura obtida da receita base e na deterioração das fibras causada pelo calor excessivo.



Fig. 55- resultado experimentação da amostra #4_1 no forno (vista de cima do molde)

5.4 Seleção dos ingredientes e tipo de fibras

Com a fase de experimentação, onde a tentativa-erro foi algo deveras presente, mas preciso para chegar a conclusões tão específicas, bem como um caminho mais claro até à obtenção de um material que correspondesse a todos os requisitos pretendidos ao projeto. Alguns dos ingredientes testados apresentaram melhor desempenho que outros e entendeu-se quais os melhores a usar para a receita final de obtenção do material pretendido.

Desta forma, os ingredientes selecionados foram, primeiramente, a água, essencial em qualquer receita testada anteriormente tal como na final; amido de milho, que serviu como um agente de união entre todos os ingredientes, criando uma pasta quando aquecido junto com os restantes elementos, além disso, o amido oferece resistência à água, sem ser um impermeabilizador; vinagre de vinho branco, funciona como um agente de integração com o amido de milho, auxiliando-o a “destruir” moléculas e fibras que dificultariam esta integração pretendida; glicerina vegetal, oferece elasticidade, sendo possível obter materiais distintos apenas pela quantidade de glicerina utilizada, pois quanto maior a porção, maior a elasticidade obtida. A glicerina oferece alguma impermeabilidade ao material, portanto sua composição tem de ser equilibrada de modo a não impermeabilizar a estrutura excessivamente.

Os compósitos verdes, o principal ingrediente, são provenientes do desperdício de plantas hortícolas, devido a diversos

fatores, como a qualidade das mesmas não se ajustar às normas para venda ao consumidor final, doenças ou fatores ambientais que podem deteriorar as plantas e provocar o seu descarte, entre outros. Desta forma, como referido anteriormente, existe um processo anterior à sua adição às receitas, de separação da planta da terra, secagem e trituração. Estas são importantes, auxiliando na integridade do material em si, bem como na estrutura do mesmo.

No que diz respeito à seleção deste ingrediente, não existiu uma seleção fechada, pois as fibras nas experimentações relatadas no subcapítulo anterior apresentaram conclusões semelhantes quanto a esse aspeto, acontecendo diferenças abrutadas na distinta composição dos ingredientes alimentares. Assim, foram utilizadas uma mistura de várias fibras provenientes de diferentes plantas. No que diz respeito à percentagem utilizada, esta varia conforme o tipo de fibra, nível de trituração, entre outros, sendo apresentada uma média na seguinte figura (56).



Fig. 56- ingredientes selecionados para o material final (representação das fibras naturais, pois foram utilizadas várias)



Fig. 57- processo desenvolvido com base no design circular e sustentável (da planta ao desperdício, do desperdício ao resíduo, do resíduo a ingrediente, de ingrediente a material, de material a produto, de produto a planta, e assim consecutivamente)

5.5 Fases de Afinação

Nas fases de afinação, vários foram os fatores que influenciaram a afinação da receita. A decisão foi de utilizar a receita (pesquisada) que melhor resultados proporcionou, usando-a como base e ir alterando porções dos ingredientes, métodos de fabrico e cura do material.

Apesar de serem utilizadas diversas fibras naturais, existiu um foco na planta de beringela e alface, devido a fatores relatados no próximo capítulo, pois havia necessidade de seguir um fio condutor de coerência e comparação para melhor análise dos resultados e afinações.

Desenvolveram-se seis diferentes compósitos aplicados a uma forma - vaso - não havendo regra na utilização de moldes, ou seja, foram utilizados mais que um molde com dimensões, formatos e de materiais distintos. Cada um sofria alterações após a observação e obtenção de conclusões da experiência realizada.

Na primeira tentativa realizada para a mesma receita base, adicionaram-se resíduos de pepino que passaram por processos de secagem das fibras e trituração das mesmas. Após tais etapas, os mesmos foram adicionados à receita base depois de aquecida no fogão em poucos minutos - cerca de 5 minutos a 80 °C - , sendo um processo rápido e fácil.

Depois da mistura se encontrar numa consistência ideal para ser manuseada (fig. 58), as fibras são adicionadas de forma manual até obter uma consistência homogênea (fig. 59).

Fig. 58- mistura obtida da receita base por cima das fibras que envolveram a mesma



Fig. 59- resultado da envolvimento das fibras com a mistura resultante

Depois da matéria-prima pronta para a moldação, é utilizado um molde de material polimérico com uma forma semiesférica.

Depois da matéria moldada, esta fica exposta ao sol pelo período de 1 dia - cerca de 6 horas, sensivelmente - após esse período estará completamente seca e poderá ser executado o processo de desmoldação. O resultado obtém-se de forma simples e relativamente rápida, sendo um processo igualmente simples e rápido (fig. 60).



Fig. 60- representação de cada etapa realizada no processo para obtenção do material #1, da mistura das duas componentes principais (receita base e fibras naturais) até à moldação da matéria-prima final.



Fig. 61- compósito obtido

O compósito obtido alguma rigidez e de pouca tenacidade. A espessura é um dos fatores importantes que permite ao material ser mais ou menos flexível, e para o objetivo pretendido paredes mais espessas significariam melhores características físicas.



Fig. 62- visualização da pouca integridade obtida na estrutura do compósito



Fig. 63- visualização do tamanho do vaso com mão humana como referência

Apesar de o compósito apresentar propriedades que vão ao encontro do pretendido, a matriz do mesmo não apresentou a integridade pretendida, apresentando algumas fissuras e fragilidade (fig.62). Sendo uma fase bastante visual e tátil, aspectos importantes ressaltam rapidamente e percebem-se de imediato quais as afinações necessárias.



Fig. 64- visualização do tamanho do vaso com mão humana como referência



Fig. 65- resíduos de pepino e molde com compósito

Após os resultados obtidos na experiência anterior, uma nova tentativa foi realizada, com as mesmas fibras naturais (de pepino) e o mesmo processo foi executado. Para melhorar as propriedades da matriz, houve maior cuidado com a integridade dos compósitos verde à matriz principal.

Assim, a moldação foi concretizada de forma a garantir um resultado mais eficiente. Depois de seco ao sol, tal como o anterior, durante cerca de 6 horas, as duas experiências (#1 e #2) foram submetidas a testes ambientais com água para conseguir entender qual o nível de permeabilidade que cada uma teria e, conseqüentemente, qual o período de tempo que o material demoraria a degradar-se, se curto ou longo.



Fig. 66- composto obtido (vista de baixo e frontal)

Os resultados apresentam ser melhores que os anteriores, pois o composto ficou mais consistente e menos frágil.

No teste ambiental, os dois vasos foram submetidos ao contato com a água. Foram esclarecidas dúvidas que ainda persistiam, pois, o principal problema era a consistência e homogeneidade da mistura. (fig.67)



Fig. 67- resultado obtido pela ação da água após 48 horas na primeira tentativa (à esquerda) e na tentativa seguinte com a otimização realizada (à direita)

Na terceira tentativa da mesma receita base e processo, foram, desta vez, adicionados resíduos distintos para perceber se eram notórias as diferenças de propriedades mecânicas do material final, bem como tempos de secagem, cor, odor e principalmente qual o nível atingido de acordo com o objetivo pretendido de acordo com os pré-requisitos estipulados.

Nesta fase, os próximos resíduos a serem testados para a receita selecionada, foram os de alface, que tiveram de passar pelos mesmos processos que as outras experiências, já relatados.



Fig. 68- molde com a matéria-prima pronta para a fase seguinte (secagem)

Como referido, todo o processo se manteve, mas o molde alterou-se para algo mais semelhante a um copo de material polimérico, obtendo-se como produto final, quando seco, uma tipologia mais idêntica aos vasos tradicionais. Tal como nos casos anteriormente documentados, o molde não foi realizado propositadamente para este fim, apesar de conferir potencial para atingir o objetivo pretendido.



Fig. 69- composto #3



O tempo de secagem foi cerca de 24 horas, apesar de apresentar uma secagem mais demorada observada até ao momento, de todas as experiências concretizadas com a mesma receita.

Esta demora poderá ter ocorrido devido a dois fatores: paredes de espessura diferente às experiências anteriores - mesma quantidade de material, mas molde utilizado menor - ou condições atmosféricas, de variações de temperatura constantes.

Apesar disso, o composto secou na totalidade e apresentou uma rigidez esperada, de mistura uniforme e leve.



Fig. 70- visualização do material com matriz uniforme e sem fissuras (vista inferior)



O processo de cura da receita reforçada com as fibras de hortícolas foi através da ação de calor natural (sol), sem temperaturas controladas e estáveis, até ao momento.

Na 4ª experimentação, usou-se o mesmo método de processamento dos resíduos e mesma quantidade e determinação da massa de cada ingrediente presente na receita base, mas o processo de secagem da mistura alterou-se. Nesta utilizou-se a ação de calor artificial produzido por um forno doméstico, com temperaturas a 80 °C e 150 °C durante 30 e 15 minutos, respetivamente. Primeiramente, a matéria-prima foi ao forno dentro do seu molde até ser possível ser retirada do mesmo, após esse período de tempo, retirou-se o molde e deixou-se mais um quarto de hora no forno a uma temperatura mais elevada. Ainda que tenha ido ao forno, houve a necessidade de manter o produto ao ar livre pelo período de 24 horas para uma melhor secagem, pois o material acabou por sair do forno húmido (“suado”), talvez pela ação da condensação de alguma água presente na receita base.



Fig. 71- compósito #4

Concluindo, o processo de cura voltou a ser o mais natural, pois o material só secou na totalidade depois de colocado ao sol por 6 horas, sensivelmente. Este aspeto é favorável ao projeto e sustenta melhor o objetivo pretendido e representado, um material 100% natural e sustentável mesmo ao longo das etapas para obtenção do material e produto final, conseqüentemente.

Em relação ao material em si, o mesmo mantém as características relatadas nas outras experiências, não existindo nenhuma vantagem na utilização da ação de calor controlado e estável.



Fig. 72- visualização do produto (vista inferior)



Decidiu-se alterar as quantidades de alguns ingredientes da receita base para perceber qual melhor se enquadra nos requisitos pretendidos ao material, sendo que uma das afinações estava decidida (processo de cura) e os resíduos verdes pouco alteravam o compósito, a receita base seria a próxima etapa a ser testada.

A primeira experiência com menos quantidade de amido de milho e a segunda com mais, pois este ingrediente permite que o material tenha impermeabilidade e, assim, obter um maior ciclo de vida. Ainda assim, as duas formas foram testadas para entender melhor qual o seu efeito, sendo que na experiência #5 a quantia de amido de milho foi diminuída pela metade em relação à medida “original”.

O processo utilizado manteve-se, havendo a alteração do molde- um vaso termoplástico- originando uma geometria semelhante aos resultados alcançados até então. Este demorou mais tempo no seu processo de cura, tendo demorado cerca de 48 horas, mas ainda assim apresentava pouca rigidez e flexibilidade.



Fig. 73- molde utilizado para a experiência #5



Fig. 74- compósito #5

Como se pode verificar nas figuras 74 e 75, o resultado final não corresponde ao esperado e pretendido. A amostra, quando seca, foi retirada do seu molde, fazendo um corte vertical no mesmo para facilitar a remoção da peça, ainda assim, a matriz não se apresentava unida, apesar das paredes espessas do produto, resultando na fragmentação da estrutura (fig. 75).



Fig. 75- fragmentações da estrutura

De acordo com os resultados obtidos na experiência #5, estimava-se que a percentagem de amido de milho seria algo demasiado importante para a obtenção do resultado pretendido e nesta experiência a dosagem deste ingrediente seria duplicada em relação à composição inicial da receita base.

O processo de união da receita com os resíduos de hortícolas continuam imaculados, alterando-se apenas a percentagem do ingrediente, como referido anteriormente.

O molde utilizado para a experiência foi o mesmo da experiência #5, pois tinha-se como objetivo um produto de elevada permeabilidade à água, ar e raízes e este molde daria a hipótese e facilitaria a execução de furos na parte inferior do vaso para ser possível a drenagem durante o processo de rega. Esta ideia surgiu devido às características que o amido de milho oferece ao material. Quanto maior a sua percentagem, mais impermeável se torna o material, impermeabilizando a estrutura e retendo assim a água no interior do vaso.



Fig. 76- visualização das perfurações presentes no vaso



Fig. 77- amostra resultante da experiência #6, com maior percentagem de amido e perfurações no inferior do vaso

06

RESULTADOS

6.1 Aplicações do Material

É de elevada importância reforçar a ideia que o principal objetivo deste projeto não se centra diretamente na criação de novos produtos, tipologias ou nichos de mercado, mas num novo material de encontro à sustentabilidade e design ecológico, partindo de uma perspetiva circular capaz de ser possível a substituição de alguns materiais poluentes e menos eco-friendly.

A originalidade do material, bem como a criatividade da execução do mesmo, são aspetos deveras importantes e relevantes para o projeto, capazes de transmitir uma novidade no mercado ou, além disso, um incentivo a outros designers de trabalharem com o mesmo ou desenvolverem os seus próprios materiais, sem a necessidade de utilizarem os mesmos resíduos e dando hipótese de explorar diversos caminhos distintos.

A aplicação do material desenvolvida ao longo do percurso deste projeto – um vaso de dimensões equivalentes aos mais comercializados e vendidos de polipropileno –, é enquadrada no tema de investigação principal abordado, o mercado agrícola/hortícola, apresentando resultados meramente ilustrativos do que é possível realizar com o material desenvolvido.



Fig. 78- vários vasos obtidos das experimentações

Com o desenvolvimento destes produtos (vasos), existe a possibilidade de representar a potencialidade do material, bem como os seus modos de trabalho exequíveis. Lembrando que, o material é 100% de origem natural e biológica, com cerca de 53% de ingredientes culinários, constituintes da receita base e cerca de 47% de fibras naturais- média das pesagens obtidas para cada tipo de fibra. O comportamento resultante do processo de conformação através de moldes simples e práticos, é possível de observar através de métodos de transformação e conformação apenas manuais.

Existem, apesar disso, diversos métodos de processamento industrial que têm vindo a ser adaptados aos bioplásticos feitos a partir de amido de milho, tais como extrusão, moldação por compressão ou injeção (Rudnik, 2008, p.139-140), existindo a possibilidade de serem adotados no material explorado e desenvolvido ao longo desta investigação.

Densidade

Os cálculos realizados são apenas estudos referentes aos exemplares testados ao longo do capítulo. Apresentando características idênticas entre si, os resultados obtidos são bastantes variáveis ainda assim.

O simples facto de serem exploradas diversas variedades de hortícolas como fibras naturais, os diferentes níveis de moagem entre elas, a carga aplicada sobre o material quando comprimido -libertando mais ou menos água-, o processo de cura do material (temperaturas inconstantes e pouco lineares) ou a geometria do provete, bem como a sua retração após a secagem, são aspetos deveras relevantes para a variável dos valores de densidade.

A densidade relaciona a massa de um material ao volume que ele ocupa, sendo uma propriedade intrínseca do material:

$$d = \frac{m}{v}$$

d - densidade (g/cm³)
 m - massa (g)
 v - volume (cm³)

	m (g)	v (cm ³)	d (g/cm ³)
(1)	20	20,76	0,96
(2)	18	17,06	1,06
(3)	23	26,66	0,87
(4)	21	22,55	0,93
(5)	23	24,48	0,94

Tabela 1- valores de densidade obtidos para cada provete - 1 unidade de cada - através dos valores de massa e volume dos mesmos

Os valores resultantes sobre a densidade do material são bastante próximos entre si, logo o reforço dos compósitos verdes não prejudicam na baixa densidade que é pretendida ao material.



RECEITA BASE (1)



RECEITA BASE (2)



BERINGELA (3)



ALFACE (4)



CURGETE (5)

Fig. 79

A moldagem fora a única forma de conformação do material para a obtenção dos vasos.

Nenhum dos moldes utilizados foram fabricados propositadamente para o fim a que seriam submetidos, sendo produtos do quotidiano com potencial para atingir um resultado satisfatório e de acordo com a geometria pretendida, apresentando resultados pertinentes.

Os moldes utilizados teriam de ter a peculiaridade de ser negativos, pelo facto de que as peças contraem em direcção ao centro na maioria das vezes, conforme as condições de temperatura e humidade ambiente e outros fatores influenciadores. Logo, quando o material era inserido do lado exterior do molde (moldes positivos), o material ao secar e encolher forçava as peças contra o molde, resultando em falhas ou quebra total das mesmas.

Foram usados diversos moldes de diferentes geometrias, tamanhos, materiais e para processos de cura distintos (artificial ou natural). Desta forma, foram utilizados vasos de metal e vidro, sendo vantajoso quando era necessário o uso do forno para experiência do material sujeito a uma temperatura artificial, controlada e estável, possibilitando o uso de temperaturas elevadas durante um longo prazo de tempo em comparação ao outro material utilizado no processo de cura natural-polímero. Os moldes de material polimérico tiveram maior afluência na utilização, pois oferecem a facilidade de desmoldação, apresentação de um acabamento liso e possibilidade de adquiri-los com maior facilidade. Durante e após a fase de experimentação, chegou-se à conclusão de

Fig. 80- molde de vidro



que o método natural de secagem do material seria o de maior encontro ao pretendido para o projeto, sendo os moldes de material polimérico o suficiente para a obtenção dos produtos projetados.

Algumas peças tiveram o aparecimento de fungos, como bolor (fig. 81), mas entendeu-se que o sucedido acontecia devido às condições atmosféricas- humidade e descontrolo de temperaturas- dificultando a secagem do material, facilitando a presença de fungos, naturalmente. Posto isto, com condições atmosféricas desejáveis, nenhum molde utilizado apresentou barreiras na etapa de secagem e estado final do material.

As geometrias dos moldes iam de encontro com o produto pretendido- vasos. Ainda assim, tentou-se desenvolver algo diferente do habitualmente concebido neste setor (fig.82). Formas mais planas ou semelhantes a uma meia esfera foram exploradas, assim como as mais tradicionais (fig.83 e 84).

As diversas geometrias, bem como os processos utilizados auxiliaram no entendimento comportamental do material, perante a forma final, simultaneamente com a fase de aperfeiçoamento do material, como documentado no capítulo 5, permitindo a correção rápida de possíveis problemas ou eventuais detalhes relevantes para a peça final.



Fig. 81- molde metálico



Fig. 82- molde semiesférico termoplástico



Fig. 83- molde termoplástico



Fig.84- molde termoplástico - vaso

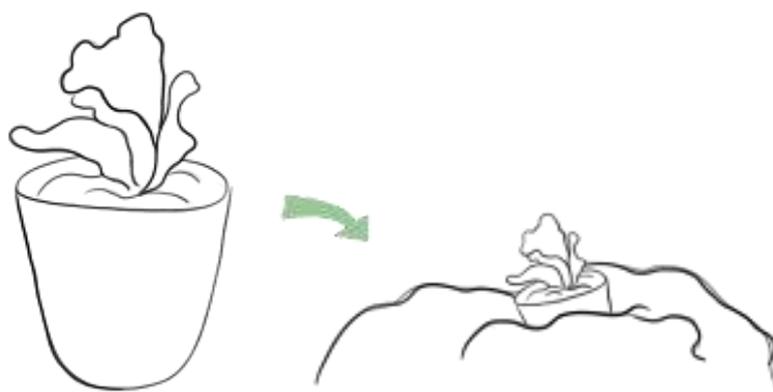


Fig. 85- desenho ilustrativo do vaso idealizado. O mesmo poderá ser enterrado na terra junto com a planta plantada no mesmo



Fig. 86- visualização dos três modelos de vaso concretizados com o material criado nesta investigação



Fig. 87



Fig. 88



Fig. 89

Outras Aplicações

Dentro do mesmo setor- agricultura- são várias as aplicações possíveis ao material desenvolvido neste projeto.

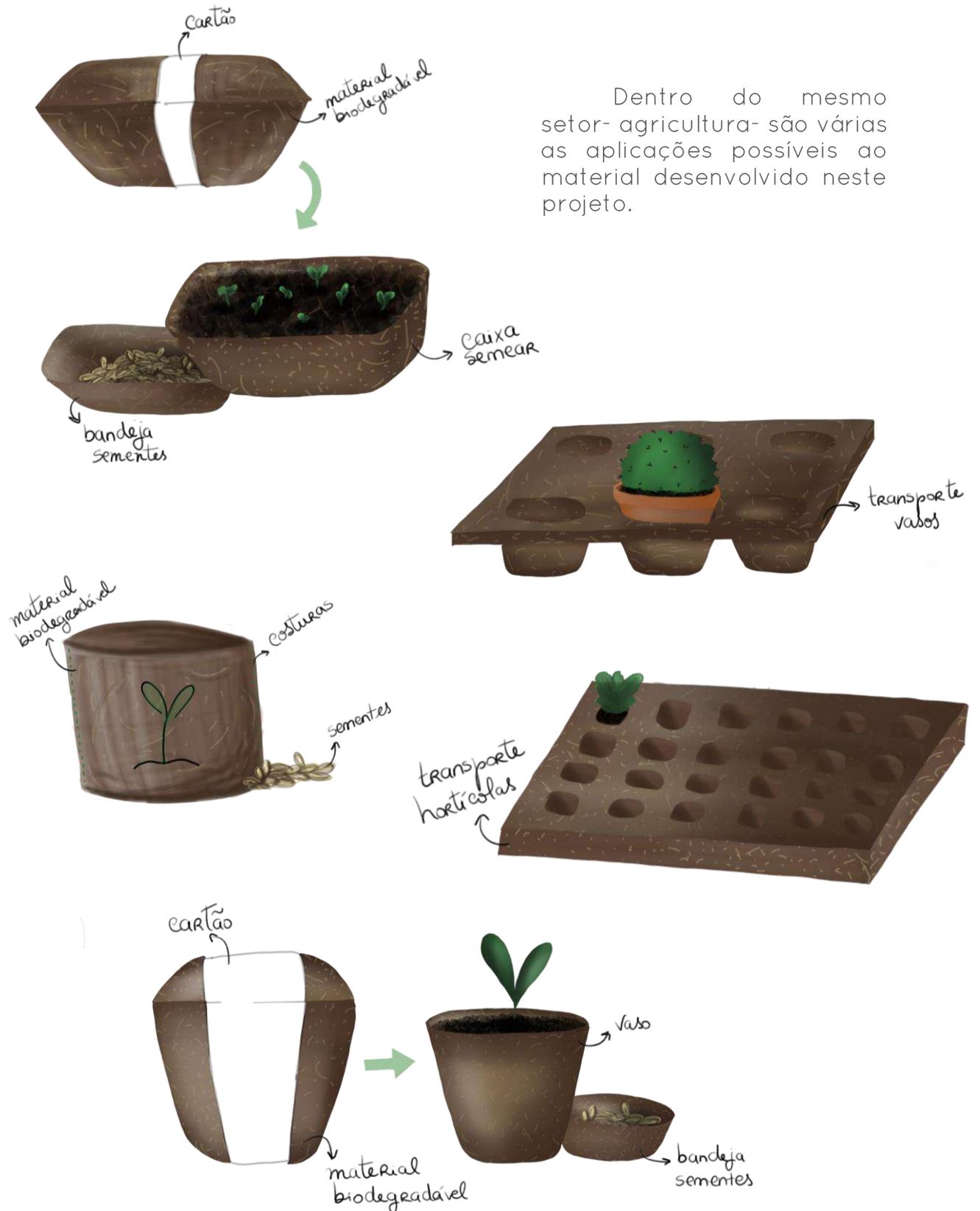


Fig. 90- esboços ilustrativos das ideias aplicadas ao material desenvolvido

Com algumas alterações na matriz do material, será possível o desenvolvimento de variados produtos, em nichos de mercado distintos entre si.

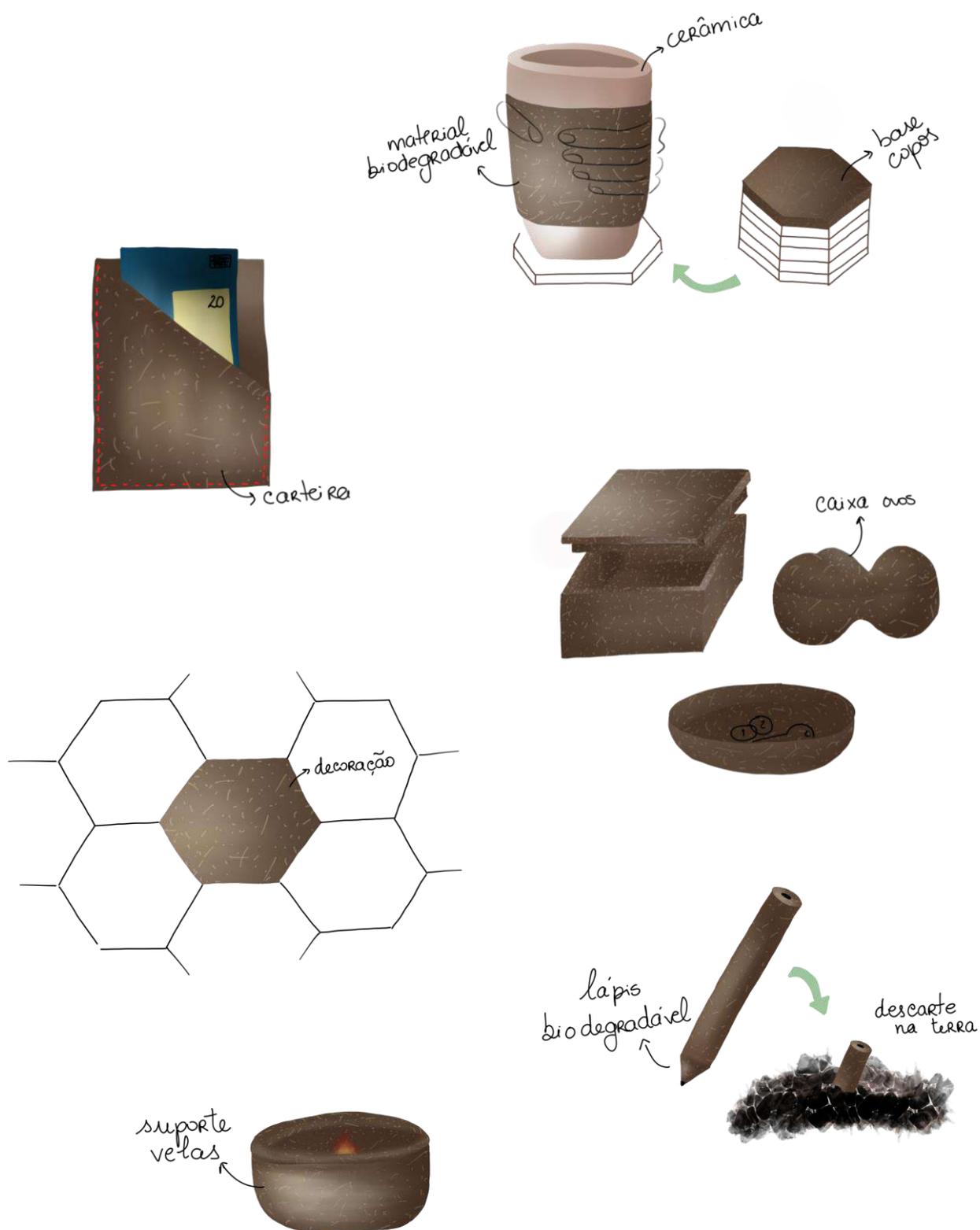


Fig. 91- esboços de ideias com a aplicação do material explorado nesta investigação (podendo sofrer alterações/afinações de encontro com o pretendido)



O design de produtos de suporte para o comércio hortícola e de flores

Fig. 92- provetes

6.2 Ensaios Ambientais

Foram realizados alguns testes de caráter ambiental ao material, de forma a avaliá-lo e caracterizá-lo, bem como de forma a determinar a sua capacidade de atingir os objetivos pré-estipulados.

A descoberta destes pontos cruciais ao material, permite- para além da informação relativa ao material final- o desencadear de ideias e associações do mesmo a possíveis aplicações e objetos onde o material pode ser integrado, através de cada resultado obtido.

Vários autores referem que os materiais usuais do quotidiano, os que são familiares a qualquer utilizador, são associados de forma rápida e simples a comportamentos, aspetos ou associações que os caracteriza. Os novos materiais, por não serem de conhecimento geral, têm inicialmente um problema de falta de identidade, ou seja, os mesmos não são associados a nada- características, conceito, objeto, entre outros aspetos importantes a cada material.

Desta forma, a realização da testagem rigorosa do material, em ambientes controlados e programações detalhadas, permitem a criação de uma identidade ao material e a valorização do mesmo.

Absorção de Água e Dissolução

Fórmula para cálculo da variação percentual na massa

$$c = \frac{m^2 - m^1}{m^1} \times 100\%$$

c - variação percentual na massa (%)

m^1 - massa antes da imersão (mg)

m^2 - massa depois da imersão (mg)

	m^1 (mg)	m^2 (mg)	c (%)	
BERINGELA (+ amido)	5 000	9 000	80	prorete 1
	6 000	9 000	50	prorete 2
	6 000	8 000	33	prorete 3
BERINGELA (- amido)	5 000	8 000	60	prorete 1
	5 000	9 000	80	prorete 2
	5 000	11 000	120	prorete 3
ALFACE	6 000	8 000	33	prorete 1
	8 000	9 000	13	prorete 2
	7 000	10 000	43	prorete 3
CURGETE	5 000	9 000	80	prorete 1
	5 000	9 000	80	prorete 2
	6 000	10 000	66	prorete 3

Para o seguinte teste, foram realizados provetes com fibras de beringela, alface e curgete - caule e folhas das plantas - agregadas à receita base (matriz principal), formando um total de 12 amostras.

Foram produzidos três provetes para cada tipo de fibra, à exceção da beringela, pois havia a necessidade de entender qual a receita que melhor se enquadra nos parâmetros definidos. Assim, o tempo de vida do material pretende-se de médio prazo, sem ser demasiado curto, devido a ser projetado em especial para vasos de transporte no comércio ambulante. Ao testar os diferentes provetes de beringela foi possível perceber quais os mais indicados, se aqueles que possuem a menor quantidade de amido de milho (15gr), se aqueles que possuem o dobro da quantidade inicialmente explorada sem qualquer afinação.

Os doze provetes foram produzidos na mesma data e a secagem feita nas mesmas condições para todos os exemplares. A todos foi registada a massa após a secagem total do material e um novo registo passadas 24 horas de contato com a água. A verificação deste teste baseia-se na norma ISO 62:2008 com a adaptação da mesma, que consiste na colocação dos provetes em água destilada numa temperatura entre os 21 °C e os 23 °C durante 24 horas. Depois são retirados e é seco o excesso de água com um pano. Assim, é possível concluir a dissolução do material na água durante o período de tempo estipulado, bem como a variação percentual no compósito, de acordo com a absorção da água.



Fig. 93- moldes utilizados na produção dos provetes



Fig. 94- provetes de beringela

Primeiramente, foram testados os provetes de beringela (fig. 94), de modo a ser possível concluir qual a percentagem de amido de milho mais indicada ao material final. Assim, foram produzidos os seis provetes ao mesmo tempo e a secagem igualmente.

Os mesmos foram colocados em dois recipientes ao mesmo tempo, durante as 24 horas. Na figura 95, é possível visualizar a translucidez da água no momento logo após a colocação dos provetes.



Fig. 95- provetes no início do ensaio (todos com as mesmas dimensões [±1])



Passadas 24 horas, os provetes são retirados e apresentam resultados distintos, como era espectável. As amostras com menos amido sofreram maior dissolução que as outras, bem como maior absorção de água, o que resulta num tempo de vida inferior às primeiras. Este aspeto é bastante esclarecedor através da comparação da cor da água em ambos os recipientes, como se pode verificar na figura seguinte (96).

Depois de retirar os provetes, o excesso de água foi absorvido por um papel absorvente e como é possível observar, alguns detritos se “perderam” e, por isso os provetes apresentam-se de forma distinta, uns intatos e outros não (fig. 97).

Devido aos resultados obtidos neste teste com os provetes de beringela, foi possível retirar conclusões relevantes. A dúvida que permanecia até ao momento era qual das receitas a mais indicada devido aos pré-requisitos estipulados, pois a percentagem de amido de milho pode modificar a composição do material e auxiliar no tempo médio de vida útil do mesmo. Sendo pretendido um vaso biodegradável com médio tempo de vida útil devido ao nicho de mercado inserido, a receita com maior percentagem de amido será a mais indicada para o produto desenvolvido neste projeto.



Fig. 96- apresentação dos resultados após o teste, sendo o primeiro recipiente dos provetes com mais amido de milho e o seguinte com menor quantidade de amido.



Fig. 97- resultado dos provetes de beringela após a realização do teste (provetes com menos amido em cima e com mais amido em baixo)

Chegando à conclusão de que a receita que melhor se enquadra ao projeto é aquela que possui maior quantidade de amido na matriz, os próximos testes foram realizados com essa mesma receita, portanto todos os provetes testados de seguida têm a mesma receita com 30 gramas de amido de milho, e apresentam resultados semelhantes entre si - alface e curgete (fig. 98).



Fig. 98- resultado dos provetes de alface e curgete após a realização do teste (provetes de alface em cima e de curgete em baixo)

Biodegradabilidade

Sendo a biodegradabilidade uma componente importante ao projeto, esta foi alvo de testagem. Assim, foram testados vários vasos com resíduos de alface, curgete e beringela. Tanto os resíduos como o amido de milho, presente na matriz do material são biodegradáveis, apesar disso, o amido demora bastante mais tempo a degradar-se. Logo, a combinação destes ingredientes, permite ao material manter-se intato durante um período de tempo mais prolongado.

No teste foi possível fundamentar este facto, pois observou-se que o material com menos amido de milho se degradou bastante rápido (fig.99) em comparação ao que tinha maior quantidade de amido (fig.100). Ambos se encontravam nas mesmas condições e eram regados com a mesma periodicidade. Para ser possível uma rega controlada, os vasos encontravam-se no exterior resguardados por um telheiro.



Fig. 99- processo de deterioração do vaso com menor percentagem de amido de milho, da esquerda para a direita



Fig. 100- processo de deterioração do vaso com maior percentagem de amido de milho, da esquerda para a direita

Os testes decorreram no período de três meses, sendo que no primeiro eram efetuadas regas de 2 em 2 dias, mas após esse tempo, e devido às temperaturas elevadas da estação (verão), houve a necessidade de aumentar a rega para uma vez por dia.

As plantas sofreram alterações, como é possível verificar nas figuras acima, mas as condições naturais são um elemento importante para o desenvolvimento de qualquer tipo de planta. Devido a isso, chegou-se à conclusão de que o material não provocou efeitos negativos nesse campo.

Na figura 99, é visível de que a alface desenvolveu bem até meio do processo de biodegradação, após isso, a mesma começou a perder o seu suporte- a terra e raízes sustentadas por ela- pois o vaso estava a deteriorar-se cada vez mais e com as regas diárias, a terra acabava por se dispersar e a raiz da planta ficava cada vez mais nua. Assim, a mesma não reúne todas as condições necessárias para ser possível de se desenvolver, além do tamanho do vaso (demasiado pequeno para a evolução desta planta).

Por sua vez, na figura 100, a planta que se encontra presente no vaso é da família das suculentas e estas plantas são conhecidas pela sua boa resistência e gosto pelo sol, com poucas regas, pois armazenam água na

própria planta e com rega excessiva têm o risco de apodrecer. Apesar destes fatores característicos à espécie, o interesse principal neste teste é a capacidade de biodegradação do material, bem como qual o seu tempo médio de vida. Portanto, as regas diárias mantiveram-se para haver um fator de comparação entre o vaso com mais e menos amido de milho. Sinceramente, neste caso a suculenta desenvolveu bastante bem, mesmo com condições menos agradáveis para ela - pouco ou nenhum sol e regas constantes - sendo que a mesma apenas mudou a sua cor em comparação quando foi plantada. Esta alteração dá-se devido à pouca exposição solar, ficando menos colorida e mais monocromática.

Além destes dois testes foi realizado um terceiro, onde o vaso foi plantado diretamente na terra (fig. 101). O processo foi acompanhado por dois meses, com regas diárias, igual aos casos anteriores, e verificou-se que o cato continuou vivo e o vaso degradou-se por completo na terra que o cobria.



Fig. 101- vaso pronto para ser plantado e já enterrado na terra, respetivamente



Fig. 102- degradação do material após 2 meses, com vivacidade da planta

6.3 Ensaaios Mecânicos

Os ensaios mecânicos permitem a obtenção de dados técnicos e científicos, da caracterização do material, e assim, a obtenção das propriedades mecânicas e do seu comportamento quando sujeito a diferentes tipos de carregamentos.

Assim, ensaios de tração, flexão e compressão foram realizados com a finalidade de aprofundar a caracterização do material. Os provetes de cada ensaio seguem as dimensões e geometrias recomendadas em cada norma correspondente a cada ensaio. Segundo a norma ISO 527-4, nos provetes destinados ao ensaio de tração, a norma ISO 178-2003, para os provetes de flexão e por último, segundo a norma ISO 604-2002, nos provetes de compressão.

Os ensaios foram realizados no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro, numa máquina universal de ensaios mecânicos - Shimadzu AGS-X-10kN - com velocidades entre os 2mm/min e os 5mm/min, conforme as normas.

O processo de conformação dos provetes foi a moldação em moldes de madeira realizados propositadamente para cada tipo de provete, com medidas definidas pelas normas e com a possibilidade de realizar vários, praticamente ao mesmo tempo. Por serem moldes estruturais sem base, estes podem ser colocados sobre uma base removível e depois o material no molde é prensado manualmente, para obter uniformidade dos provetes, tornando-os mais compactos - densos - e, conseqüentemente, acelerando-lhes o processo de cura. O material é retirado do molde após esta etapa - ainda húmido- e exposto ao sol cerca de 8 horas para secagem, dependendo sempre das condições meteorológicas, podendo ser necessário mais tempo ou vice-versa.

Assim, o molde pode ser rapidamente lavado e reutilizado para a realização de outro provete, garantindo o mesmo material e as mesmas condições de secagem em todos os provetes de cada fibra natural- alface, curgete e beringela.



Fig. 103- molde para realização dos provetes de tração

Os provetes têm dimensões adequadas a cada norma correspondente a cada teste, sendo que todos apresentam seção retangular, mas com dimensões bastante dispares entre si.

Apesar da pouca tolerância em relação às medidas conforme as normas, e a realização de moldes com medidas rigorosas, os provetes sofreram contração, resultando na retração do material durante o processo de cura. Devido ao pouco material disponível (fibras naturais/resíduos hortícolas), houve a incapacidade de repetir o processo e obter provetes extremamente rigorosos e finalizados, de acordo com as normas.

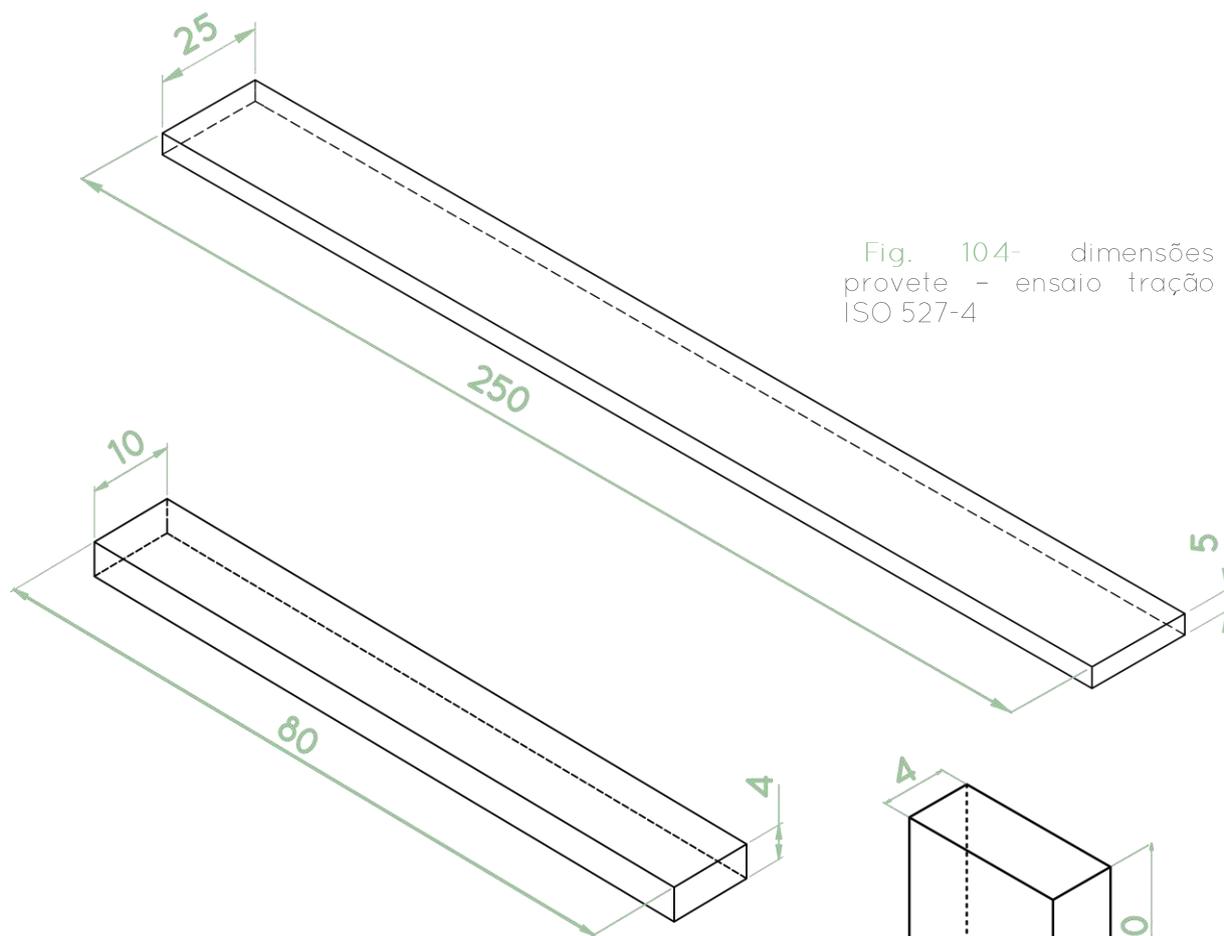


Fig. 104- dimensões provete - ensaio tração ISO 527-4

Fig. 105- dimensões provete - ensaio flexão ISO 178-2003

Fig. 106- dimensões provete - ensaio compressão ISO 604-2002

Ensaio de Tração

O provete é afixado em ambas as suas extremidades nas garras de fixação do dispositivo da máquina de teste. A distância entre essas duas amarras tem o valor de 150mm, segundo a norma ISO 527-4.

Depois do provete devidamente fixo à máquina, o ensaio inicia e as duas amarras afastam progressivamente, alongando o provete a um ritmo constante. O provete, é assim, deformado longitudinalmente e, sempre que o material assim o permite, até atingir a sua rutura. O ensaio tem a duração de poucos minutos, consoante o material testado, elasticidade e resistência, bem como a uniformidade do provete, pois, no caso presente, alguns provetes sofreram fissuras no momento de secagem, provocando falhas na matriz e, conseqüentemente influenciaram a falha do provete.

Ao longo do ensaio, a própria máquina regista valores simultânea e continuamente, como a carga aplicada, a extensão do provete e o tempo decorrido desde o início do ensaio. Depois são calculados parâmetros como tensão e deformação (strain).

Geralmente, a área entre as amarras é a zona onde o provete sofrerá deformações ou a rutura. Havendo exceções, como vai ser possível de verificar, pela pouca uniformidade dos provetes, como referido anteriormente.

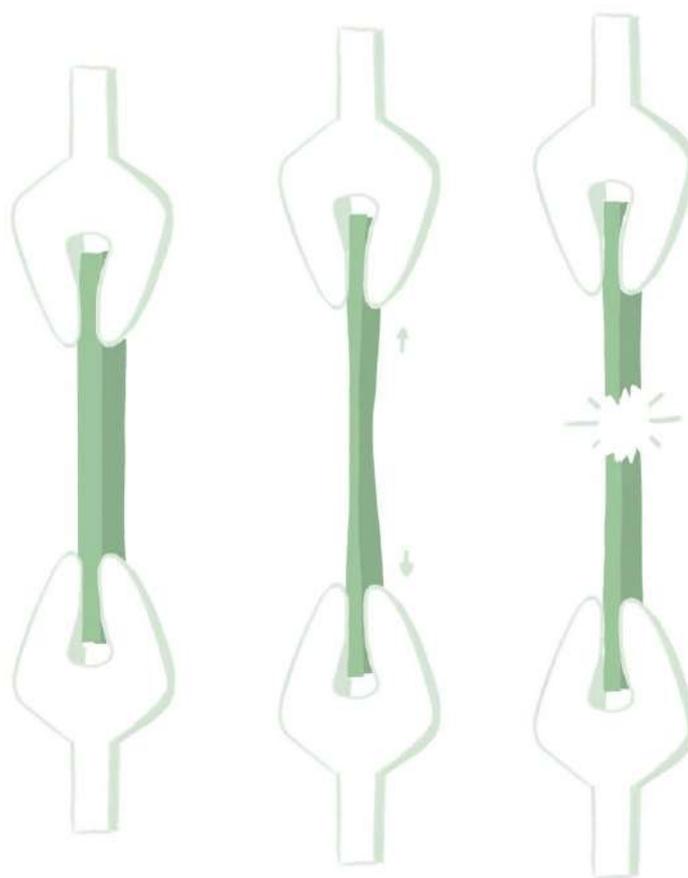


Fig. 107- representação do ensaio de tração



Fig. 108- máquina de teste - Shimadzu- com amarras para o ensaio de tração (velocidade de 2mm/min)



Fig. 109- detalhe com visualização das amarras afixadas a um provete (que sofreu fratura junto à amarra superior)

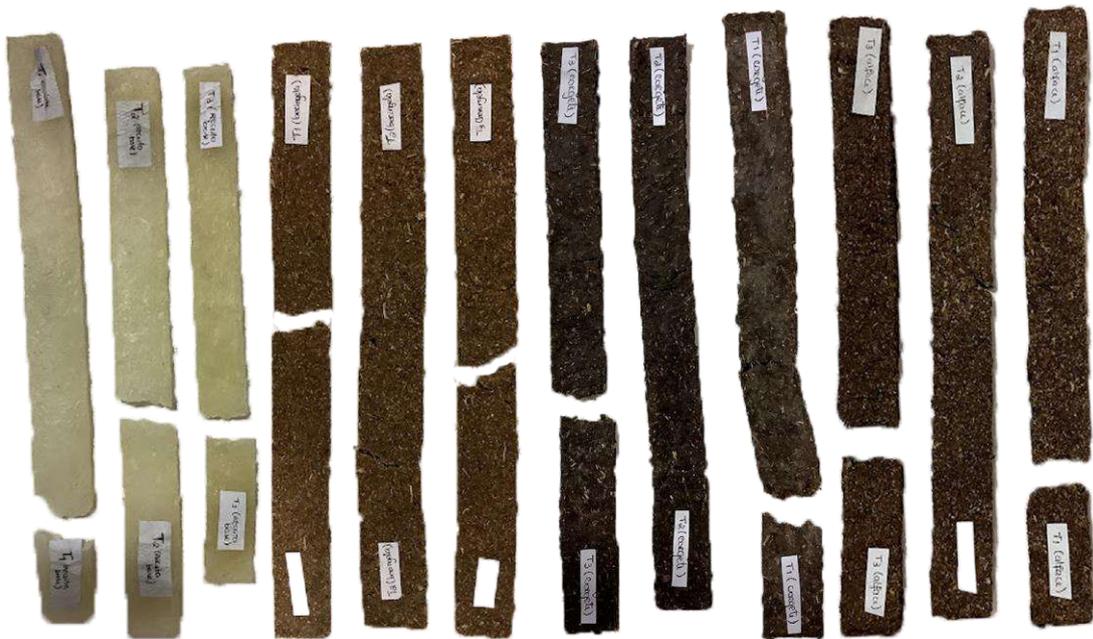


Fig. 110- provetes depois do ensaio à tração - receita base, beringela, curgete e alface, respetivamente.

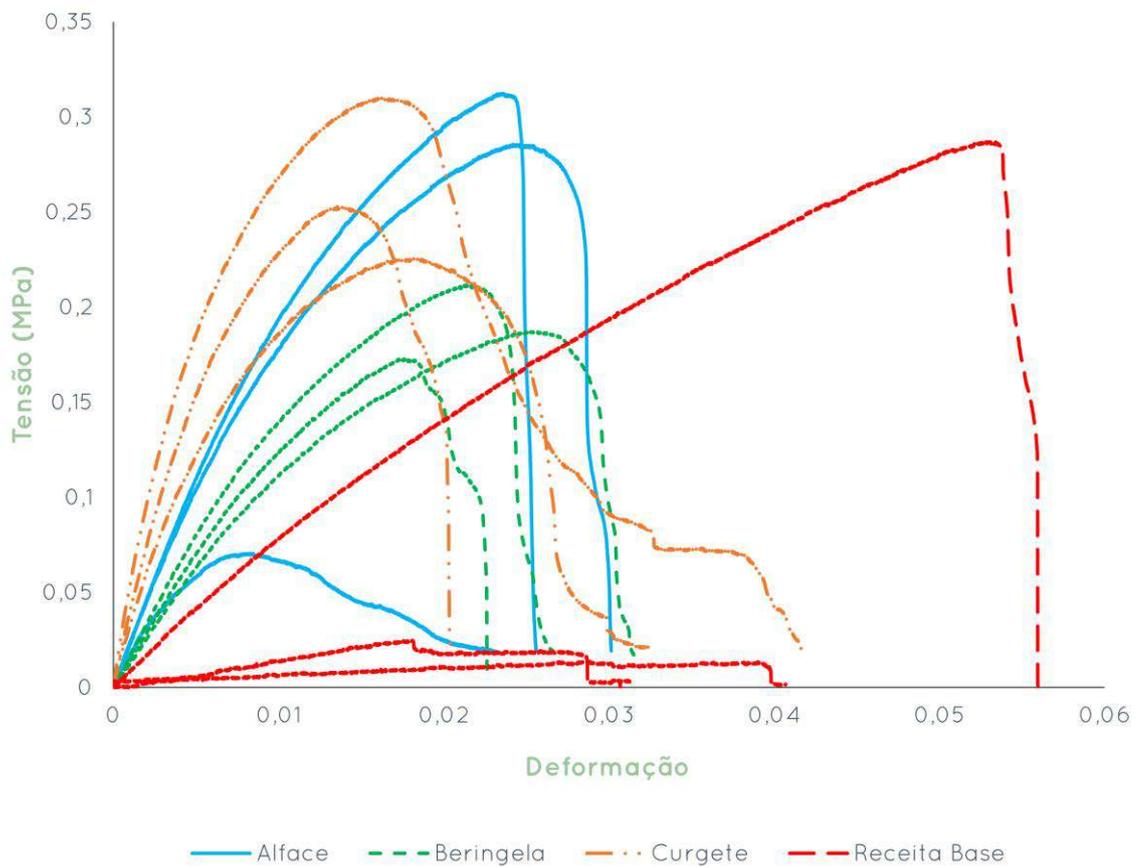


Fig. 111- gráfico curva de tensão-deformação de todos os provetes

Como é notório na figura 110, a maioria dos provetes sofreu a sua rutura numa zona que não é a habitual - junto às amarras. Pode acontecer devido a algumas fissuras (decorrentes da secagem) visíveis na matriz do material, fazendo com que o mesmo se encontre mais frágil, devido às concentrações de tensões nesta região. Além deste aspeto, o facto de o provete não ter a geometria do típico provete de ensaios de tração - onde existe uma zona mais estreita entre as amarras - influencia a rutura naquela região.

Na maioria dos casos, o material apresentou resultados muito semelhantes entre si, à exceção da receita base, que num dos provetes apresentou um nível de resistência elevado, com níveis de deformação superiores a qualquer outro provete. Este facto, deve-se à geometria regular sem falhas na sua matriz, enquanto os outros provetes sofreram maior irregularidade, tendo em conta os processos manuais de fabrico e secagem dos provetes. No caso dos provetes com fibras, a resistência aumentou no geral, com a exceção da alface, com um dos provetes com a menor resistência, o que se deve às razões explicitas anteriormente.

Ensaio de Flexão

O ensaio consiste em assentar o provete em dois pontos extremos equidistantes do centro do mesmo, existindo um terceiro ponto que vai exercendo uma força perpendicular ao provete no centro do mesmo. O ponto de carga corresponde a uma ferramenta com 5mm de raio na extremidade e 10 mm de largura, de acordo com a norma ISO 178-2003. A movimentação desta ferramenta para baixo exerce pressão sobre o material, obrigando-o a fletir, sendo uma carga contínua até ao momento em que se dá a rotura do provete.

Como referido anteriormente, os provetes, no geral, sofreram uma contração, encolhendo e diminuindo dimensões daquelas que eram exigidas, mas, por falta de material, houve a necessidade de prosseguir com os ensaios. Neste caso concreto, os provetes diminuíram bastante o seu comprimento, o que prejudicou a medida entre apoios, pois a referida na norma era de 16 ± 1 mm pela espessura do provete (4 mm), logo daria o resultado de 64 mm. Os provetes apresentavam medidas entre os 65 mm e os 73 mm, portanto era praticamente impossível realizar o ensaio com a distância entre pontos recomendada pela norma. Assim, foi utilizada uma conversão deste valor em função do menor comprimento obtido entre todos os provetes.

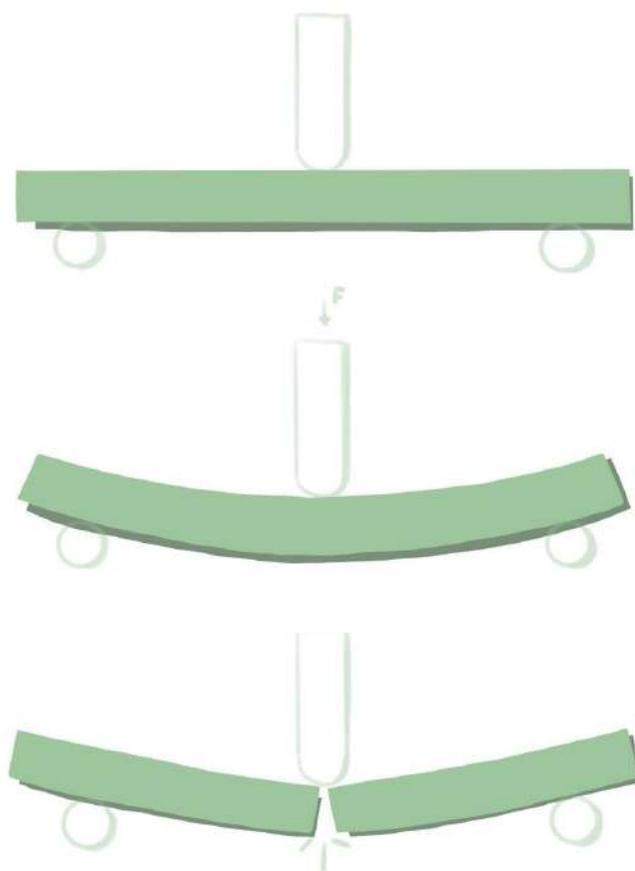


Fig. 112- representação do ensaio de flexão

Fórmula para recálculo da distância entre apoios

$$L_1 = \frac{l \times L}{l_0}$$

L - distância entre apoios

L_1 - distância entre apoios recalculada

l_0 - comprimento inicial

l - comprimento menor obtido

L_1	l_0	l	L
mm	mm	mm	mm
52	80	65	64

Tabela 2- valores utilizados e obtidos na fórmula de recálculo da distância entre apoios

Após o resultado, a distância entre apoios foi reduzida de 64 mm para 52 mm e realizou-se o ensaio de flexão com essa mesma medida.

Este ensaio possibilita o melhor entendimento do comportamento do material quando submetido a esforços de flexão.



Fig. 113- máquina de teste com ferramentas de realização do ensaio de flexão (velocidade de 2mm/min)



Fig. 114- provetes realizados para ensaio de flexão

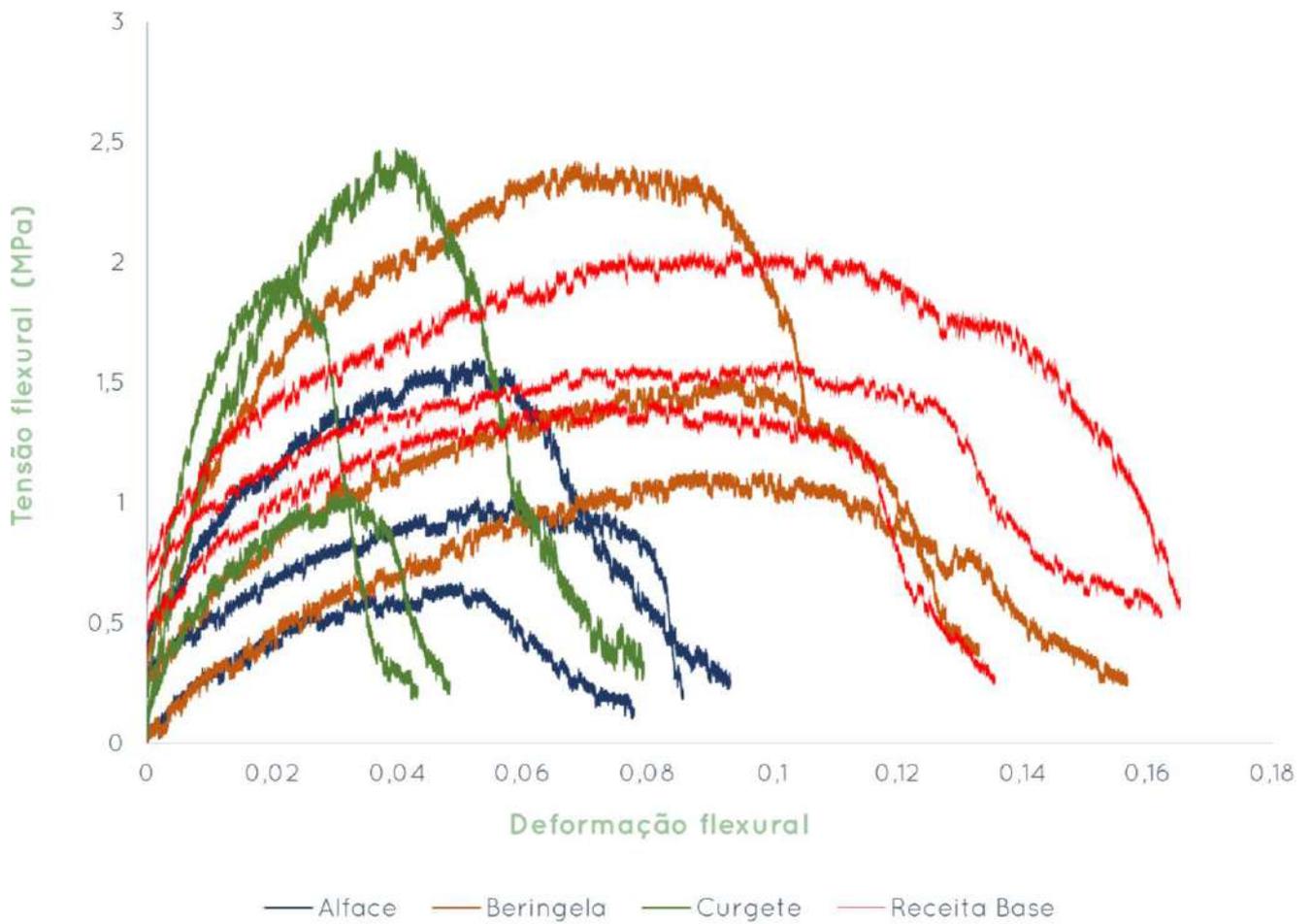


Fig. 115- gráfico representativo do ensaio de flexão em cada provete

Os resultados obtidos neste ensaio, tendo em conta o comportamento médio, demonstram que os provetes de receita base e de beringela, apresentaram maior resistência à flexão, sendo que a curgete e a alface diminuem a flexibilidade do material com os valores apresentados (fig. 115).

Ensaio de Compressão

No ensaio de compressão, como o próprio nome o indica, consiste na aplicação uniaxial de uma carga compressiva no provete. Ou seja, os provetes são centrados no disco inferior, inserido na máquina para o teste, e o disco superior que contém uma carga, desce sobre o mesmo até à superfície numa velocidade de 5mm/min, até à sua deformação- deslocamento do cabeçote.

O controlo de parâmetros recomendados na norma ISO 604-2002 e os resultados obtidos são realizados na máquina, como a carga aplicada, a variação da altura dos discos e a deformação do provete, sendo possível obter um gráfico de tensão-deformação após a obtenção de todos os dados necessários.



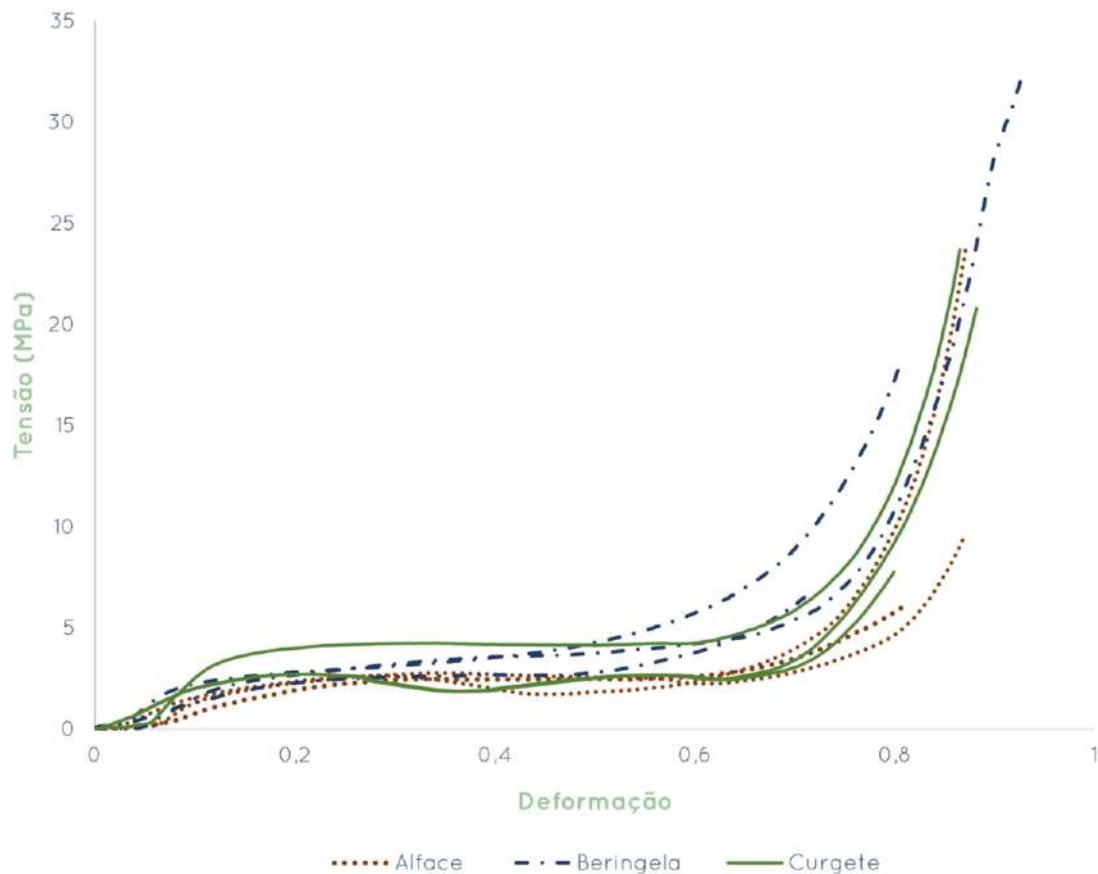
Fig. 116- representação do ensaio de compressão



Fig. 117- máquina de teste com os “discos” de realização do ensaio de compressão (velocidade de 5mm/min)



Fig. 118- provetes depois do ensaio de compressão - curgete, beringela e alface, respetivamente.



Neste ensaio foram realizados testes aos três materiais reforçados com fibras, como nos anteriores, existindo a particularidade de não ser testada a receita base.

Os resultados são bastante positivos e espectáveis, pois, como se pode verificar na figura 119, a deformação evolui, mas a tensão vai se mantendo, o que é comparativo a materiais como a cortiça. É notória a existência de um planalto de tensão com a evolução da deformação e que se verifica para todas as amostras, demonstrando, assim, o papel da matriz no comportamento dos compósitos desenvolvidos.

Apesar das semelhanças no comportamento, há um caso do compósito verde de curgete, apresentar níveis de tensão ligeiramente superiores na região referida e no caso dos de beringela, existe um planalto mais curto, mas com níveis de tensão concorrentes aos de curgete, marcado por uma densificação geralmente mais rápida ou para deformações inferiores.

Não existem grandes diferenças entre as fibras utilizadas, o que significa que o material é suficiente para o produto desenvolvido (vaso).

Fig. 119- gráfico curva tensão-deformação no ensaio de compressão

Conclusões dos ensaios

Os ensaios desenvolvidos demonstraram algumas irregularidades, dificultando a interpretação de cada um, bem como o processo de retirar conclusões significativas sobre cada provete- com várias fibras e apenas com a receita base- e a caracterização do material em rigor. Por ser um material de origem natural, este tipo de materiais tem a peculiaridade de apresentarem diferenças notórias na sua composição devido a como foram realizados e todo o tipo de fibras, secagem das mesmas e nível de trituração. Neste caso específico, apenas foram utilizados métodos manuais, conferindo em irregularidades na matriz, união das fibras com a receita base e processo de cura (realizado por ação da energia solar).

Esta problemática decorreu em todos os ensaios, pois por essa irregularidade sentida em cada provete testado, que originaram fissuras visíveis a olho nu, os resultados obtidos foram distantes dos reais num caso de provetes de matriz uniforme e com a união das fibras ideal. Ou seja, se o processo de fabrico do material fosse industrializado, ao invés de manual como acontece neste caso, a uniformidade dos provetes talvez seria bastante melhorada e resultaria em dados mais rigorosos. Algumas afinações ao material- processos mecanizados e/ou alterações de ingredientes ou proporções- resultariam em resultados desiguais dos apresentados neste projeto.

Apesar de tudo, à compressão, existiu uma repetibilidade muito boa, considerado que se trata de um compósito verde produzido de forma manual.

Ainda assim, em comparação com os requisitos pré-estipulados para o produto, os resultados cumprem com as necessidades e são aqueles que seriam expectáveis.

Apesar do ciclo de vida não ter sido analisado em detalhe, a matriz do material sendo de origem 100% natural e biológica, apresenta um tempo de vida bastante mais curto que no caso dos materiais poliméricos, de origem sintética e fóssil.

07

CONCLUSÕES

7.1 Avaliação do Material

Os resíduos de algo quando são reutilizados e transformados em produto ou material, deixam de ser 'resíduos' e passam a ser uma matéria utilizável.

Apesar da valia e valor agregado a esta transformação, ainda existe um estigma associado a desperdícios. Por ser algo que, geralmente, não é valorizado, apenas lixo, a sociedade tem dificuldade em entender que onde ninguém vê mais potencial, apenas um fim - descarte - este tipo de materiais naturais provenientes de resíduos agrícolas, alimentares, entre outros, são desvalorizados, mesmo apresentando um bom desempenho e equivalência em relação a materiais nocivos e de origem tóxica.

No caso particular deste projeto, o material foi desenvolvido com um propósito, uma motivação, de apresentar-se como alternativa aos materiais poliméricos do mercado agrícola, aprofundando o setor de venda ambulante de produtos hortícolas e flores. Desta forma, o excesso de plástico é notório e a substituição dos vasos poliméricos por um "ecomaterial" inserido no design e economia circular, sem perda de algumas características, como a leveza associativa dos polímeros, entre outros aspetos particulares (conseguir suportar terra e planta no vaso sem deterioração).

Para melhor compreensão e avaliação do material final obtido foi realizada uma análise SWOT, onde foram identificados pontos fortes, fraquezas, oportunidades e problemáticas associadas ao mesmo.

S

Strengths

pontos fortes

- leveza;
- biodegradabilidade;
- de origem renovável;
- reutilização e valorização de resíduos;
- odor pouco perceptível;
- não-tóxico;
- possibilidade de ser produzido localmente;
- é reciclável;
- mantem-se no ciclo biológico;
- produção de baixo custo;
- possibilidade de integrar-se nos DIY materials;
- tempos de cura curtos com potencial na industrialização;
- sensação ao toque agradável.

W

Weaknesses

fraquezas

- o processo de cura natural resulta apenas em condições atmosféricas favoráveis (energia solar);
- condições meteorológicas húmidas podem provocar o aparecimento de fungos e/ou o prolongamento do tempo de cura do material;
- ciclo de vida do produto incerto (depende do contexto de uso)
- produto irregular na sua composição;
- dificuldade em obter peças regulares e lisas (lembrando que não foram testados processos mecanizados).

O

Opportunities

oportunidades

- potencialidade de substituir materiais não sustentáveis;
- possibilidade de ser referência empresas associadas à sustentabilidade e biodegradabilidade, como empresas do nicho de mercado estudado (estufas de produção e comercialização de hortícolas, eg).

T

Threats

ameaças

- os tipos de fibras, bem como o seus níveis de secagem e trituração, influenciam o material e a caracterização do mesmo.
- más condições atmosféricas podem conduzir a degradação severa (demasiado rápida);
- estigma associado a materiais provenientes de desperdícios/resíduos.

Tabela 3- análise SWOT

7.2 Desenvolvimentos Futuros

Avaliações, como ciclo de vida do produto, distribuição e custo final, impacto no ambiente e na produção de plantas desde o ato de semear, são importantes de aprofundar e avaliar.

Numa visão de produção massiva do produto - processo de prensagem através de pratos quentes com pressões baixas -, seria de interesse a exploração de tecnologias mecanizadas e industriais para a realização de cada etapa de produção do produto, do material ao vaso. Sendo assim, seria realizada uma nova testagem ao material para obter uma caracterização rigorosa do mesmo através de ensaios ambientais e mecânicos. De seguida, seriam comparados ambos os resultados - material de produção manual e industrial- para entender se seria possível atingir um meio-termo na utilização das tecnologias e o material se mantivesse o mais sustentável possível.

Várias têm sido as técnicas adaptadas à produção de bioplásticos, tais como a extrusão, moldagem por compressão e injeção (Rudkin, 2008), como outras, o que significa que materiais, do género do desenvolvido nesta investigação, podem ser uma possibilidade na indústria e um meio interessante de exploração para designers, investigadores ou até mesmo leitores com interesse no tema, dando continuidade ao trabalho e auxiliando na quebra deste estigma presente em relação aos desperdícios inseridos no quotidiano com valor agregado distinto daquele que está vinculado.

O desenvolvimento concetual de novos produtos e aplicações seria uma área de exploração mais próxima, onde estas ideias serão apresentadas a empresas ou negócios locais mais pequenos. O material poderia ser um substituto de outros materiais mais nocivos utilizados ou então serem realizadas novas aplicações para o mesmo e a criação de uma nova panóplia de produtos enquadrados no tema da horticultura, por exemplo.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A

Acquavia, M. A., Bianco G., Bondoni M., Martelli, G. & Pascale, R. (2021). *Natural Polymeric Materials: A Solution to Plastic Pollution from the Agro-Food Sector*. *Polymers*, 13(1), 1-39. <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/1/158>

Agência Portuguesa do Ambiente. (2018). *Mudar a forma de utilizar o plástico*. <https://apambiente.pt/?ref=x254>

C

Ceccolini, M. (2015, march 19). *AgriDust - Biodegradable material*. Behance. <https://bit.ly/2WOB9Gu>

Coppola, G., Gaudio, M. T., Lopresto, C. G., Calabro, V., Curcio, S. Chakraborty, S. (2021). *Bioplastic from Renewable Biomass: A Facile Solution for a Greener Environment*. *Earth Systems and Environment*, 5(2), 231-251. <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00208-7>

Correia, C. N. S. (2019). *Do desperdício à Matéria-Prima*. [Master's thesis, Instituto Politécnico de Leiria]. Repositório Institucional de Informação Científica do Instituto Politécnico de Leiria. <http://hdl.handle.net/10400.8/4724>

Costa, J. (2018). *Bioplásticos compostáveis na Economia Circular*. [Master's thesis, Universidade de Lisboa]. Repositório da Universidade de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10451/34951->

D

Davis, G. & Song, J. H. (2005). Biodegradable packaging based on raw materials from crops and their impact on waste management. *Industrial Crops and Products*, 23(2), 147-161. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2005.05.004>

Datschefski, E. (2001). *The Total Beauty of Sustainable Products*. Rotovision SA. <https://bit.ly/3zMcUrg>

Diretiva (UE) 2019/904, do Parlamento Europeu e do Conselho. (5 de junho de 2019). *Jornal Oficial da União Europeia*. <https://bit.ly/3yG51Cb>

Distributed Design. (2020). *Agro*. <https://distributeddesign.eu/awards/entries/agro/>

E

European Bioplastic. (2018, july). *Fact Sheet*. <https://bit.ly/38EjN1G>

Frade, J., Lisboa, A., Soalheiro, C., Melanda, C., Francisco, D., Maia, M., Ramani, M., Faria, R., Silva, S., Esperança, W. (2017). *Curso Especializado em Ecodesign e Análise do Ciclo de Vida*.

F

Future Materials Bank. (2021). *Banana peel*. <https://bit.ly/2WRmt9t>

G

Garcia, C. *The materials Generation*. Materials Experience Lab. <https://bit.ly/3pl7Xxf>

I

ISO. (2003). EN ISO 178:2003: *Plastics - Determination of flexural properties*. ISO; CEN-Comité Européen de Normalização; British Standards; Institute of Technology Tallaght. <https://bitly.com/Y0GHEF>

ISO. (2002, march 01). EN ISO 604:2002: *Plastics- Determination of compressive properties*. <https://bitly.com/3cclnh>

ISO. (1997). DIN EN ISO 527-4: *Determination of tensile properties of plastics*. <https://bitly.com/svryg3>

ISO. (2008, may). DIN EN ISO 62:2008-05: *Plastics- Determination of water absorption*. <https://bitly.com/KtreBq>

ISSUU. (2018, july 14). *Bioplastic Cook Book*. <https://bitly.com/xNEcGK>

ISSUU. (2011, june 13). *Exploring Materials: Creative Design for Everyday Objects*. <https://bitly.com/QXvC2y>

K

Kääriäinen, P. & Tervinen, L. & Vuorinen, T. & Riutta, N. (Eds.). (2020). *The CHEMARTS Cookbook* (1st ed.). Helsinki: Aalto ARTSBooks. <https://chemarts.aalto.fi/>

Kuori. (2020, october 17). *Circular Economy? All Banana or what? KUORI, a biodegradable Alternative Material* [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=TCRrEIEs1E&t=1s>

Kyrikou, I. & Briassoulis, D. (2007). *Biodegradation of Agricultural Plastic Films: A Critical Review*. *Journal of Polymers and the Environment*, 15(2), 125-150. <https://bit.ly/3BDcGD9>

L

Lang, Z.. (2019, may). *Rebirth*. <https://www.zhenjinglang.com/work/rebirth>

Lesko, J. (2018). Plásticos. In J. Wiley & S. Hoboken (Eds.), *Design Industrial: Guia de Materiais e Fabricação*. (pp. 169-233). Blucher. <https://bit.ly/3yEUgfv>

M

Manzini, E. & Vezzoli, C. (2008). *Design for Environmental Sustainability* (1st ed.). Springer. <https://bit.ly/3gZXdoT>

McDonough, W. & Braungart, M. (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. (1 ed.). Canada: Douglas & McIntyre Ltd. <https://bit.ly/3h0aHkl>

Mundo do Plástico. (2017, abril 27). *Como adaptar a indústria para a produção de bioplásticos?* <https://bit.ly/Ua6vp>

N

Nature Plast. (2021). *History of bioplastics*. <https://bit.ly/3kVfzIT>

P

Piatti, T. M. & Rodrigues, R. A. F. (2005). *Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais*. [Conference session]. Série: Conversando sobre Ciências em Alagoas, Alagoas. www.edufal.ufal.br

Portaria nº 15/96 do Ministério do Ambiente. (1996). Diário da República n.º 19/1996, Série I-B de 1996-01-23. <https://bit.ly/ovHTTG>

R

R., Hannah and R., Max (2018, september). *Plastic Pollution*. Our World In Data. <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>

Relvas, C. (2017). *Design & Engenharia da ideia ao produto* (1st edition). Publindústria. <https://bitly.com/xk2Fh>

República Portuguesa - XXII Governo. (2020, fevereiro 04). *Taxa de reciclagem de embalagens de plástico em 2018 foi de 44,3%*. <https://bit.ly/31SwbLr>

Rudnik, Ewa (2008). *Compostable Polymer Materials* (1st edition). Elsevier. <https://bitly.com/shcvED>

S

Spawnfoam. (2019). Working whit Nature. <https://www.spawnfoam.pt/>

T

Tomadoni, B., Merino, D., Casalongué, C. A. & Alvarez, V. A. (2020). Biodegradable Materials for Planting Pots. A. Al-Ahmed & Inamuddin (Eds.), *Advanced Applications of Biodegradable Green Composites* (pp. 85-103). Materials Research Forum LLC. <https://doi.org/10.21741/9781644900659-4>

Troguet, B. D. (2020, july 2). *Agro- De la Terra a la Talua*. Behance. <https://bitly.com/tn6JaU>

U

United Nations. (1972). *United Nations Conference on the Environment*, 5-16 June 1972, Stockholm. <https://bit.ly/3tezrKU>

W

World Commission on Environment and Development. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Future Towards Sustainable Development*. <https://bit.ly/1bZJgwk>

ÍNDICE DE FIGURAS

1. **Ilustração da autora (2021)**
Ligação emocional ao produto p.17
2. **Lesko (2018)**
Plásticos amorfos e semicristalinos p.19
<https://bit.ly/3yEUgfv>
3. **Adaptação da autora (Lesko, 2018)**
Arquitetura do polímero p.20
<https://bit.ly/3yEUgfv>
4. **Adaptação da autora (Lesko, 2018)**
Conformação de termoendurecíveis p.25
<https://bit.ly/3yEUgfv>
5. **Adaptação da autora (Lesko, 2018)**
Conformação de termoplásticos p.25
<https://bit.ly/3yEUgfv>
6. **Autor desconhecido (1941)**
Ford Model T p.29
<https://bit.ly/3zKus6S>
7. **Sorapong Chaipanya (1 junho 2020)**
Bandeja de sementes p.32
<https://bit.ly/3BCqDkO>
8. **Fotografia da autora (2020)**
Polímero no contexto hortícola p.34
9. **Ilustração da autora (2021)**
Porcentagem da importância da sustentabilidade p.35
10. **Ilustração da autora (2021)**
Materiais mais usados nas habitações p.35

11. **Ilustração da autora (2021)**
Aceitação de um custo mais elevado por produto eco-friendly p.36
12. **Ilustração da autora (2021)**
Representação de uma economia linear p.45
13. **Ilustração da autora (2021)**
Representação de uma economia circular p.46
14. **Spawnfoam (2019)**
Vaso em contexto de uso p.56
<https://bit.ly/3taFj7P>
15. **Spawnfoam (2019)**
Ilustração do funcionamento do produto p.56
<https://bit.ly/3jGnuu8>
16. **Marina Ceccolini (2015)**
AgriDust p.57
<https://bit.ly/2Yq4sA7>
17. **Marina Ceccolini (2015)**
AgriDust p.57
<https://bit.ly/2Yq4sA7>
18. **Marina Ceccolini (2015)**
AgriDust p.57
<https://bit.ly/2Yq4sA7>
19. **Sara Harbarth (2020)**
Kuori p.60
<https://bit.ly/3kU7ST4>
20. **Sara Harbarth (2020)**
Kuori p.58
<https://bit.ly/3kU7ST4>
21. **Zhenjing Lang (2019)**
Rebirth p.59
<https://bit.ly/3yHaHMI>
22. **Zhenjing Lang (2019)**
Rebirth p.59
<https://bit.ly/3yHaHMI>
23. **Zhenjing Lang (2019)**
Rebirth p.59
<https://bit.ly/3yHaHMI>
24. **Zhenjing Lang (2019)**
Rebirth p.59
<https://bit.ly/3yHaHMI>

25. Berta Daina Troguet (2020)	
Agro	p.60
https://bit.ly/2WJYDgv	
26. Berta Daina Troguet (2020)	
Agro	p.60
https://bit.ly/2WJYDgv	
27. Berta Daina Troguet (2020)	
Agro	p.60
https://bit.ly/2WJYDgv	
28. Ilustração da autora (2021)	
Panela ao lume	p.64
29. Ilustração da autora (2021)	
Livro de receitas	p.65
30. Fotografia da autora (2021)	
Amostras desenvolvidas na investigação	p.67
31. Ilustração da autora (2021)	
Representação geral do método de produção das receitas	p.68
32. Fotografia da autora (2021)	
Resíduos hortícolas	p.69
33. Ilustração da autora (2021)	
Produção da receita base #1	p.70
34. Fotografia da autora (2021)	
Amostra da receita base #1_1	p.71
35. Fotografia da autora (2021)	
Amostra da receita base #1_2	p.72
36. Fotografia da autora (2021)	
Amostra da receita base #1_2	p.72
37. Fotografia da autora (2021)	
Amostra da receita base #1_3	p.73
38. Fotografia da autora (2021)	
Amostra da receita base #1_3	p.73
39. Fotografia da autora (2021)	
Amostra da receita base #1_4	p.74
40. Fotografia da autora (2021)	
Comparação das amostras da receita base #1_4 e #1_1	p.74

41. Fotografia da autora (2021)	
Resíduos hortícolas	p.75
42. Ilustração da autora (2021)	
Produção da receita base #2	p.76
43. Fotografia da autora (2021)	
Amostra da receita base #2_1	p.77
44. Fotografia da autora (2021)	
Amostra da receita base #2_2	p.78
45. Fotografia da autora (2021)	
Amostra da receita base #2_2	p.78
46. Fotografia da autora (2021)	
Molde utilizado na receita base #2_2	p.78
47. Fotografia da autora (2021)	
Resíduos hortícolas	p.79
48. Ilustração da autora (2021)	
Produção da receita base #3	p.80
49. Fotografia da autora (2021)	
Amostra da receita base #3_1	p.81
50. Fotografia da autora (2021)	
Amostra da receita base #3_1	p.82
51. Fotografia da autora (2021)	
Resíduos hortícolas	p.83
52. Ilustração da autora (2021)	
Produção da receita base #4	p.84
53. Fotografia da autora (2021)	
Processo de secagem - #4_1	p.85
54. Fotografia da autora (2021)	
Visualização de fungos	p.87
55. Fotografia da autora (2021)	
Amostra da receita base #4_1	p.87
56. Fotografia da autora (2021)	
Ingredientes selecionados	p.88
57. Fotografia da autora (2021)	
Ciclo biológico do produto	p.89

58. Fotografia da autora (2021)	
Mistura obtida e fibras naturais	p.91
59. Fotografia da autora (2021)	
Mistura envolvida nas fibras naturais	p.91
60. Fotografia da autora (2021)	
Representação de cada etapa de produção do material	p.92
61. Fotografia da autora (2021)	
Vaso #1	p.93
62. Fotografia da autora (2021)	
Vaso #1	p.93
63. Fotografia da autora (2021)	
Vaso #1 com cato	p.94
64. Fotografia da autora (2021)	
Vaso #1 com cato	p.94
65. Fotografia da autora (2021)	
Molde e fibras do vaso #2	p.95
66. Fotografia da autora (2021)	
Vaso #2	p.96
67. Fotografia da autora (2021)	
Comparação do vaso #1 com vaso #2	p.96
68. Fotografia da autora (2021)	
Molde vaso #3	p.97
69. Fotografia da autora (2021)	
Vaso #3	p.97
70. Fotografia da autora (2021)	
Vaso #3	p.98
71. Fotografia da autora (2021)	
Vaso #4	p.99
72. Fotografia da autora (2021)	
Vaso #4	p.100
73. Fotografia da autora (2021)	
Molde vaso #5	p.101
74. Fotografia da autora (2021)	
Vaso #5	p.102

75. Fotografia da autora (2021) Vaso #5	p.102
76. Fotografia da autora (2021) Vaso #6	p.103
77. Fotografia da autora (2021) Vaso #5	p.103
78. Fotografia da autora (2021) Vários vasos executados ao longo das experimentações	p.108
79. Fotografia da autora (2021) Provetes densidade	p.110
80. Fotografia da autora (2021) Exemplo de molde de vidro	p.111
81. Fotografia da autora (2021) Exemplo de molde metálico	p.111
82. Fotografia da autora (2021) Exemplo de molde plástico	p.112
83. Fotografia da autora (2021) Exemplo de molde plástico	p.112
84. Fotografia da autora (2021) Exemplo de molde plástico	p.112
85. Ilustração da autora (2021) Desenho do vaso idealizado	p.113
86. Fotografia da autora (2021) Vasos concretizados	p.113
87. Fotografia da autora (2021) Vasos concretizados	p.114
88. Fotografia da autora (2021) Vasos concretizados	p.114
89. Fotografia da autora (2021) Vasos concretizados	p.114
90. Ilustração da autora (2021) Desenhos de outras aplicações possíveis ao material dentro do mercado hortícola	p.115
91. Ilustração da autora (2021)	

Desenhos de outras aplicações possíveis ao material	p.116
92. Fotografia da autora (2021) Provetes	p.117
93. Fotografia da autora (2021) Moldes para provetes absorção de água e dissolução	p.120
94. Fotografia da autora (2021) Provetes absorção de água e dissolução	p.121
95. Fotografia da autora (2021) Ensaio absorção de água e dissolução	p.121
96. Fotografia da autora (2021) Dissolução dos provetes após o ensaio absorção de água e dissolução	p.122
97. Fotografia da autora (2021) Provetes absorção de água e dissolução após ensaio	p.122
98. Fotografia da autora (2021) Provetes absorção de água e dissolução após ensaio	p.123
99. Fotografia da autora (2021) Biodegradação do vaso com menos amido	p.124
100. Fotografia da autora (2021) Biodegradação do vaso com mais amido	p.125
101. Fotografia da autora (2021) Visualização da colocação do vaso em contato com a terra	p.126
102. Fotografia da autora (2021) Biodegradação do material após 2 meses	p.126
103. Fotografia da autora (2021) Molde provetes tração	p.128
104. Desenho técnico- Solidworks (2021) Dimensões dos provetes tração	p.129
105. Desenho técnico- Solidworks (2021) Dimensões dos provetes flexão	p.129

106. Desenho técnico- Solidworks (2021)	
Dimensões dos provetes compressão	p.129
107. Ilustração da autora (2021)	
Representação do ensaio de tração	p.130
108. Fotografia da autora (2021)	
Máquina de teste- Shimadzu	p.131
109. Fotografia da autora (2021)	
Ferramentas necessárias ao ensaio de tração	p.132
110. Fotografia da autora (2021)	
Provetes após ensaio de tração	p.132
111. Fotografia da autora (2021)	
Gráfico curva tensão-deformação	p.133
112. Ilustração da autora (2021)	
Representação do ensaio de flexão	p.134
113. Fotografia da autora (2021)	
Ferramentas necessárias ao ensaio de flexão	p.136
114. Fotografia da autora (2021)	
Provetes ensaio de tração	p.136
115. Fotografia da autora (2021)	
Gráfico resistência à flexão	p.137
116. Ilustração da autora (2021)	
Representação do ensaio de compressão	p.138
117. Fotografia da autora (2021)	
Ferramentas necessárias ao ensaio de compressão	p.139
118. Fotografia da autora (2021)	
Provetes após ensaio de compressão	p.139
119. Fotografia da autora (2021)	
Gráfico curva tensão-deformação	p.140

LISTA DE TABELAS

1. Densidade	p.107
2. Recálculo da distância entre apoios	p.135
3. Análise SWOT	p.146

SIGLAS

DIY	faça você mesmo
GEE	gases com efeito de estufa
PBAT	polibutirato
PBS	polibutileno succinato
PE	polietileno
PET	polietileno tereftalato
PHA	polihidroxialcanoatos
PLA	poliácido láctico
PP	polipropileno
PTT	politereftalato de trimetileno
PVC	policloreto de vinila
RIM	reacting injection moulding
TPC-ET	copoliéster termoplástico