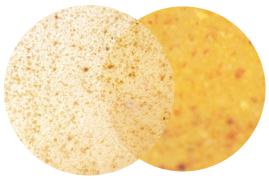
U.PORTO

MESTRADO EM DESIGN INDUSTRIAL E DE PRODUTO

DESIGN INDUSTRIAL

Design com bio-resíduos:

Uma proposta de design circular através da ressignificação e upcycling de cascas de fruta.



Erika Rusticci Bona

M

2021

Dissertação submetida para a obtenção do grau de Mestre em Design Industrial e de Produto

Orientadora: Doutora Bárbara Rangel
Professora Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Co-orientador: Doutor Jorge Lino
Professor Associado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Co-orientador: Mestre Adriana Patrícia Fernandes
Doutoranda da Universidade do Porto

Porto, junho 2021

U.PORTO

MESTRADO EM DESIGN INDUSTRIAL E DE PRODUTO
UNIVERSIDADE DO PORTO

O JÚRI

PRESIDENTE

Doutor Rui Mendonça

PROFESSOR AUXILIAR DA FACULDADE DE BELAS ARTES DA UNIVERSIDADE DO PORTO

ORIENTADORA

Doutora Bárbara Rangel

PROFESSORA AUXILIAR DA FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

ARGUENTE

Doutora Susana Cristina Ferreira Fernandes

PROFESSORA ADJUNTA DO INSTITUTO POLITÉCNICO DO PORTO

19

22 JULHO 2021

MESTRE Erika Rusticci Bona
MDIP/**105**

Aos meus pais

Resumo

A investigação apresenta o desenvolvimento de um estudo de caso que aborda a problemática da alta produção de bio-resíduos, tanto no contexto urbano, como no contexto da indústria alimentar. Propõe através do design de produto possíveis soluções para a valorização deste tipo de resíduo, a partir de métodos de reciclagem e reutilização de cascas de fruta para aplicações no design de produtos físicos. São apresentados os ensaios para o desenvolvimento de materiais experimentais compósitos, biodegradáveis, compostáveis e recicláveis a partir de cascas de frutas e biopolímeros (PLA- ácido Poliláctico e amidos). É desenvolvida uma biblioteca de materiais experimentais, os quais foram analisados relativamente as percepções dos utilizadores, através da metodologia MDD (*Material Driven Design*), e por fim, é descrito o desenvolvimento de um material compósito na forma de filamento produzido pelo processo de extrusão, apresenta uma proposta de aplicação do material em óculos solares personalizados, com o processo de produção por fabrico aditivo (Impressão 3D). Percebeu-se a possibilidade em promover a valorização de bio-resíduos a partir do design, através do desenvolvimento de produtos físicos que sejam compatíveis com a natureza, menos nocivos ambientalmente e aceites socialmente.

Palavras chave: Bio-resíduos, Design Circular, Impressão 3D, Casca de fruta, Cascas de laranja, Materiais biodegradáveis.

Abstract

The investigation presents the development of a case study that addresses the problem of high production of bio waste, both in the urban context and in the context of the food industry. It proposes, through product design, possible solutions for the valorisation of this type of waste, using methods of recycling and reusing fruit peels for product design aplications. Tests are presented for the development of composite, biodegradable, compostable and recyclable experimental materials from fruit peels and biopolymers (PLA- Polylactic acid and starches), it´s developed a library of experimental materials, which were analysed in relation to the users' perceptions , through the MDD (Material Driven Design) methodology, and finally the development of a composite material in the shape of a filament produced by the extrusion process, its presented an application of this material in personalized sunglasses, by the production method of additive manufacturing (3D printing). It was realized that it is possible to promote the valorisation of bio-waste with the design, through the development of physical products that are compatible with nature, less harmful to the environment and socially accepted.

Keywords: Bio-waste, Circular Design, 3D Printing, Fruit peel, Orange Peel, Biodegradable Materials.

Agradecimentos

Agradeço à professora Bárbara Rangel, por aceitar orientar a minha dissertação. Ao professor Jorge Lino, pela disponibilidade e ajuda em fornecer os meios e os equipamentos pelos quais as ideias dos alunos se materializam. Sou grata à minha coorientadora, Adriana Fernandes, pela sua orientação de modo didático e incentivador e pelos conselhos durante todo o processo.

Obrigada a todos os professores, técnicos, investigadores e colegas da ESAN, FEUP e INEGI que foram muito importantes e contribuíram de modo fundamental no desenvolvimento da fase de testes e ensaios da investigação.

Aos meus pais, por todo o apoio, sou muito grata por fazerem o possível e o impossível por mim. À tia Márcia, pelas conversas e pelas experiências na cozinha, que resultaram nas receitas inesquecíveis que tenho tantas saudades. Aos meus amigos, principalmente aqueles mais antigos, que independente da distância, estarão sempre próximos. Aos novos amigos que marcaram esta fase da minha vida, aqueles que me acompanharam durante madrugadas de trabalho, antes das entregas do mestrado, e aqueles que me esperavam pacientemente para jantar após as aulas. E claro, agradeço principalmente os amigos das chamadas de vídeo intermináveis, chamadas que aconteciam mesmo quando a conversa e o assunto já havia terminado.

Obrigada a todos que estiveram envolvidos no desenvolvimento desta dissertação.

O apanhador de desperdícios

“Entendo bem o sotaque das águas
Dou respeito às coisas desimportantes
e aos seres desimportantes.
Prezo insetos mais que aviões.
Prezo a velocidade
das tartarugas mais que a dos mísseis.
Tenho em mim um atraso de nascença.
Eu fui aparelhado
para gostar de passarinhos.
Tenho abundância de ser feliz por isso.
Meu quintal é maior do que o mundo”

Manoel de Barros , 2013

Índice

1 Capítulo 1: INTRODUÇÃO.....21
1.1 Enquadramento do tema.....22
1.2 Objetivos.....24
1.3 Metodologia.....24
1.4 Estrutura da dissertação.....25

2 Capítulo 2 : ESTADO DA ARTE.....28

2.1 DESIGN E SUSTENTABILIDADE 30
2.1.1 O papel do design.....36
2.1.2 Design e desperdício.....39
2.1.3 Design e economia circular.....41
2.1.4 O material como ponto inicial no projeto de design 43

2.2 CONTEXTO DOS RESÍDUOS.....48
2.2.1 Bio-resíduos 53
2.2.2 Biopolímeros e Biocompósitos 58
2.2.3 Frutos cítricos - Cascas de Laranja.....62

2.3 PESQUISA DE MERCADO.....64
2.3.1 Design com resíduos alimentares 65
2.3.2 Biodesign- Design com a natureza 68
2.3.3 Síntese da pesquisa de mercado 72

2.4 SÍNTESE DO ESTADO DA ARTE.....75

3 Capítulo 3: CASO DE ESTUDO.....77
3.1 Introdução.....78
3.2 Objetivos 78
3.3 Plano Experimental 79

3.4 DESENVOLVIMENTO DO PLANO EXPERIMENTAL 80
3.4.1 Fase1- Fase exploratória: Experiências desenvolvidas no Brasil 80
3.4.2 Fase 2- Ensaios desenvolvidos em Portugal.....85
3.4.3 Fase 2- Biopolímeros como aglutinantes 86
3.4.4 Fase 3- Pré-tratamento dos bioresíduos: cascas de fruta 90
3.4.5 Fase 4- Ensaios para o desenvolvimento do material compósito.....92
3.4.6 Tabela comparativa de amostras 113
3.4.7 Conclusões plano experimental 117

3.5 MDD *(Material driven design)* e MDMS *(Meaning driven material selection)*.....118
3.5.1 Etapa 1- Entender o material 119
3.5.2 Etapa 2- Concepção de experiencias entre utilizador e o material....126
3.5.3 Etapa 3- Manifestação de padrões experenciais para o material.....128
3.5.4 Etapa 4- Criação de conceitos de produtos.....130

4 Capítulo 4 : PROPOSTA DE APLICAÇÃO.....136
4.1 Introdução 137
4.2 Objetivos 137

4.3 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROJETO.....137
4.3.1 Processo produtivo de manufatura aditiva - Impressão 3D.....138
4.3.2 Produto- Óculos de Sol.....141
4.3.3 Pesquisa de mercado de óculos soláres: Resíduos ou 3D 143
4.3.4 Componentes 144
4.3.5 Medidas antropométricas 145

4.4 DESENVOLVIMENTO PROJETO: ÓCULOS SOLARES.....146
4.4.1Moodboard.....146
4.4.2Schetches e estudos de forma.....148
4.4.3 Modelação tridimencional e simulação com material 149
4.4.4 Prototipágem 153
4.4.5 Embalagem e identidade visual 156

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 172
5.1 Conclusões.....162
5.2 Considerações finais e desenvolvimentos futuros.....163

ANEXO 1 (Ficha técnica PLA: Ingeo™ 3251D NatureWorks®).....171
ANEXO 2 (Ficha técnica Resina de Pinheiro: PR 268.3 Pine Rosins).....172
ANEXO 3 (Ficha técnica PLA: Ingeo™ 4043D NatureWorks® Biopolimer).....173
ANEXO 4 (Configurações de impressão utilizado na Impressora 3D Prusa i3 MK2 para o filamento de cascas de laranja e PLA) 174
ANEXO 5 (Ficha técnica TPS : Unik Biopar® PG1017) 175
ANEXO 6 (Biblioteca: Upcycling de bio-resíduos) 176
ANEXO 7 (Mapa de Caracterização Experiencial, MA2E4 Toolkit).....209
ANEXO 8 (Instruções do produto) 210

Lista de figuras

Fig.1 - Amostras desenvolvidas durante a investigação (elaborada pela autora).....20
Fig.2 - Resíduo de cascas de fruta (elaborado pela autora).....26
Fig.3- Linha do tempo com as datas de importantes publicações, relatórios, acordos e reuniões que discutiram sobre o tema da problemática ambiental e sustentabilidade (adaptado de Ashby 2016 e SDGS).....31
Fig.4 -Ainu kinomo tradicional japanes produzido com modelagem *zero-waste* sem produzir resíduo têxtil (imagem de Brooklyn Museum, n.d).....32
Fig.5 - Quatro principais requisitos que classificam os novos projetos e propostas como sustentáveis (elaborado pela autora a partir de Manzini, Vezolli, 2002).....32
Fig.6- Gráfico com possíveis percursos para a sustentabilidade relacionadas de acordo com mudanças tecnológicas e mudanças culturais (elaborado pela autora a partir de Manzini, Vezolli, 2002).....33
Fig.7- Yves Béhar garrafas de bebidas que são transformadas brinquedos após o uso (imagem de Béhar,n.d.).....37
Fig.8 - Propaganda tupperware 1950 (imagem de Design Sponge,n.d.).....38
Fig.9- Tecido desenvolvido por feltragem a partir de tecidos descartados como resíduo (imagem de Marlena Kzak, n.d) 39
Fig.10- Jaqueta desenvolvida pela designer Katty Xiomara para a Vintage for a Cause, feita com desperdício têxtil (imagem de Vintage for a Cause,n.d).....39
Fig.11- Produtos desenvolvidos no projeto Precious Plastic (imagem de Precious Plastic)....39
Fig.12- Dimensões do sistema dos materiais no contexto da economia circular (imagem de Ellen Macrthus Foundation).....41
Fig.13 - Cerâmica com uma estética inesperada para para o tipo de material Design de Marcel Wanders, Sponge vase and Foam bowl, 1997 porcelana esmaltada (imagem de Mutualart, n.d.).....43
Fig.14- Com a intenção de mudar a percepção de que os têxteis são usados exclusivamente para estofados e objetos maleáveis, a designer Fransje Gimbrere reaproveitou resíduos em fibras naturais e polímeros reciclados como componentes de construção para estruturas contemporâneas (imagem de Ignant, n.d.).....43
Fig.15 - A designer Neal Aronowitz, escolheu o concreto armado para criar sua c oleção de móveis 'Concrete Canvas' (imagem de Ignant, n.d.).....43
Fig.16 - APeel desenvolvido por Alkesh Parmar a partir de resíduos da indústria de suco de laranja, RCA, Reino Unido. Alkesh Parmar (imagem de The Arts Foundation,2014).....45
Fig.17- Sapatos feitos de couro de pirarucu, resíduo alimentar de pré-consumo (imagem de Osklen, n.d).....45
Fig.18- 'Recipes for Material Activism' de 2013 da designer Miriam Ribul (imagem de Mirian Ribul, 2013).....45
Fig.19- The Gourd Project é um projeto de copos biodegradáveis, desenvolvidos com cabaças que crescem dentro do molde de PLA, impresso em 3D(imagem de Cremedesign, n.d.).....46
Fig.20 - Produção de resíduos urbanos entre 2005 e 2018 (kg por habitante) adaptado de (European Environmental Bureau (EEB), 2020).....49
Fig.21 - Planejamento de gestão dos resíduos em Portugal em 2018 (Agência Portuguesa do Ambiente, n.d.).....51
Fig.22- Caracterização física dos resíduos produzidos, em 2018 (adaptado de APA 2019b)....51

Fig.22- Caracterização física dos resíduos produzidos, em 2018 (adaptado de APA 2019b)....51
Fig.23 - Finalidade dos resíduos após coleta em 2018 (adaptado de APA 2019b).....31
Fig.24 - Prioridades do Plano de Ação para a Economia Circular, 2019
(adaptado de Secretaria de Estado do Ambiente & Ministério do Ambiente e
da Ação Climática, 2020).....52
Fig.25 - Descrição dos resíduos agrícolas (com foco principal em frutas),
exemplo de alguns usos e sistemas de gestão na África do Sul (imagem adaptada
de Khan et al. 2015, apud Gowman et al., 2019).....55
Fig.26 - "A conversão de resíduos alimentares em bioplásticos pode ocorrer
por meio da extração de biopolímeros e sua fabricação mecânica (extrusão,
fundição, moldagem ou combinação deles). Em processos mais complexos, os
resíduos alimentares são utilizados como substrato para a fermentação
bacteriana na produção de biopolímeros ou como matéria-prima para a
extração de outros componentes naturais, como as fibras, que atuam como
agentes reforçadores e ou preenchedores naturais de biocompósitos"
(adaptado de Acquavia et al., 2021).....56
Fig.27 - Projeto Nam mushroom, em Lisboa, utiliza as borras de café dos
comerciantes locais em Lisboa para produzir cogumelos e depois revender aos
restaurantes locais, exemplo de economia circular (imagem de Nam
Mushroom, n.d.).....57
Fig.28 - Classificações dos Bioplásticos (imagem de European Bioplastics).....60
Fig. 29 - Esquema do processo de fabricação de sucos de laranja e bioresíduos
provenientes do processo adaptado de Cypriano et al., 2017).....62
Fig.30- Corte equatorial da laranja, onde é possível verificar as partes deste fruto
(adaptado de Tozatti, 2013).....62
Fig.31- Fios do projeto Orange Fiber, desenvolvidos a partir de resíduos
de cascas de laranja (Medium, n.d).....63
Fig. 32 - Composição química da laranja (adaptado de Cypriano et al., 2017).....63
Fig.33 - Agricola (imagem de Gionata Gatto).....65
Fig.34 - Agricola (imagem de Gionata Gatto).....65
Fig.35 - Projeto O-Trash (imagem de Clara Davis,2020) 65
Fig.36 - Lexi Lamp (imagem de Leite, 2020).....65
Fig.37- Kham (imagem de Bibol,n.d.).....65
Fig.38 - Embalagens e objetos desenvolvidos com o material da Shellworks
(imagem de ShellWorks, n.d).....66
Fig.39-Equipamentos desenvolvidos pelos designers do projeto ShellWorks
(imagem de ShellWorks,n.d) 66
Fig.40 - Couro de manga, proveniente de desperdício alimentar (imagem de Material
District).....66
Fig.41 - Detalhe de couro de manga (imagem de Material district).....66
Fig.42- Imagem de filamento produzido a partir de cascas de banana e PLA
(imagem de Future Materials bank).....67
Fig.43 - Material impresso de Kuori (imagem de Future Materials bank).....67
Fig.44- Sea Jewelry (imagem de (Oliveira et al. 2019).....67
Fig.45 - Embalagem de chá feita com resíduo alimentar de fruta e celulose
bacteriana (Sicher 2017).....67
Fig.46 - Teste de materiais de do projeto From Peel to peel (imagem de Sicher 2017).....67
Fig.47- Produtos Malai (imagem de Malai n.d.).....68
Fig.48- Materiais com variação de cor Malai (imagem de Malai n.d.).....68

Fig.49 - Lantejoula de celulose de resíduo de madeira Elisa Brumato (imagem de Arts Foundation,nd.).....68
Fig.50 - Vestido de Algas Imagem de Philip Lim, n.d).....68
Fig.51 - Processo produtivo por extrusão de compostos bioplásticos do projeto Aquahoja (imagem de Mediated matter gorup, n.d).....68
Fig.52 - Coelicolor (imagem de Faber Futures n.d.).....69
Fig.53 - Coelicolor (imagem de Faber Futures n.d.) 69
Fig.54 - Zoa (imagem de Antonelli & Myers, 2018).....69
Fig.55 - Zoa em detalhe e cor (imagem de Antonelli & Myers, 2018) 69
Fig.56 - Algae Lab (imagem de Antonelli & Myers, 2018).....70
Fig.57 - Detalhe de impressão 3D de biopolímero de alga (imagem de Antonelli & Myers, 2018).....70
Fig.58 - Mycelium Krown, banco impresso em 3D (imagem de Antonelli & Myers, 2018)..70
Fig.59 - Detalhe Mycelium Krown, banco impresso em 3D (imagem de Antonelli & Myers, 2018) 70
Fig.60-Ninela Ivanova mycelim project (imagem de Ninela Ivanovan.d).....71
Fig.61- Ninela Ivanova mycelim produtos de vestuário (imagem de Ninela Ivanova n.d)...71
Fig.62- Amadou leather, couro de cogumelo (imagem de Amadou n.d.).....71
Fig.63- Projeto Interwoven (imagem de Diana Scherer n.d.).....71
Fig.64- Composição com os testes com resíduos de materiais (imagem desenvolvida pela autora).....77
Fig.65- Processo de secagem ao sol das cascas de laranja trituradas (imagem da autora.....82
Fig.66 - Comparação entre cascas de maracuja desidratadas no forno (1 e 2) e desidratadas ao sol (imagem da autora).....83
Fig.67 - Teste de ipermeábilidade (imagem da autora).....84
Fig.68 -Épocas em que as frutas estão disponíveis durante o ano para o consumo em Portugal, imagem adaptada de (Associação Portuguesa de Nutrição, 2017).....85
Fig.69- Amostra resultante (amido de milho) 1a (imagem da autora).....89
Fig.70 - Amostra resultante (amigo de tapioca) 1b (imagem da autora).....89
Fig.71 - Amostra resultante (goma guar) 1c (imagem da autora).....89
Fig.72- Secador Solar / Eólico / GLP (imagem de Embrapa, 2003).....90
Fig.73- Amostras finais dos materiais desenvolvidos com as cascas das frutas (imagem da autora).....93
Fig.74 - Amostra final de cascas de limão e laranja aglutinadas com PLA (imagem da autora) 95
Fig.75- Imagens da experiência descrita na tabela 10 com imagens (imagem da autora).....97
Fig.76- Imagens da experiência descrita na tabela 11 (imagem da autora).....99
Fig.77 - Imagens da experiência descrita na tabela 12 (imagem da autora).....101
Fig.78 - Imagens da experiência descrita na tabela 14 (imagem da autora).....103
Fig.79- Imagens da experiência descrita na tabela 15 (imagem da autora).....105
Fig.80 - Imagens da experiência descrita na tabela 16 (imagem da autora).....107
Fig.81- Imagens da experiência descrita na tabela 17 (imagem da autora).....110

Fig.82-1. Amostra em molde de silicone 2. Análise de transparencia da amostra 3. Exposição de amostra em iluminação artificial 4. Exposição de amostra em iluminação artificial (imagem da autora) 119
Fig.83- 5. Junção de amostras por encaixe 6.Corte de amostras e aplicação em tecido por costura 7. Junção de material por costura 8. Tecer com o filamento manualmente 9.Junção de filamentos por linhas tecidas nas extremidades 10. Filamento 11 e 12. Impressão de Filamento 13. Teste de solubilidade em água 14. Teste de impermeabilidade 15 e 16. Teste de corte em serra e lixadora elétrica (imagem da autora) 120
Fig.79- Imagens da experiência descrita na tabela 15 (imagem da autora).....105
Fig.80 - Imagens da experiência descrita na tabela 16 (imagem da autora).....107
Fig.81- Imagens da experiência descrita na tabela 17 (imagem da autora).....110
Fig.82-1. Amostra em molde de silicone 2. Análise de transparencia da amostra 3. Exposição de amostra em iluminação artificial 4. Exposição de amostra em iluminação artificial (imagem da autora) 119
Fig.83- 5. Junção de amostras por encaixe 6.Corte de amostras e aplicação em tecido por costura 7. Junção de material por costura 8. Tecer com o filamento manualmente 9.Junção de filamentos por linhas tecidas nas extremidades 10. Filamento 11 e 12. Impressão de Filamento 13. Teste de solubilidade em água 14. Teste de impermeabilidade 15 e 16. Teste de corte em serra e lixadora elétrica (imagem da autora) 120
Fig.84 - Realização de pesquisa com utilizadores com auxílio do mapa de caracterização experencial (imagem da autora).).....121
Fig.85 - Mapa de Caracterização Experiencial (imagem em escala maior no anexo 7) do MA2E4 Toolkit (imagem adaptada de Camera & Karana, 2018).....122
Fig. 86- Resultados com os participanetes da pesquisa, na primeira fase do mapa, nível performativo dos dois grupos de materiais A e B (imagem desenvolvida pelaautora).....123
Fig. 87 - Os resultados da segunda fase do mapa é relativo as percepções sensoriais, ou seja, como os participantes descreveram o material na escala apresentada (imagem desenvovlida pela autora a partir da adaptação de (Camera & Karana, 2018).....123
Fig. 88- Resultados do Nível interpretativo do mapa, as palavras e a quantidade de vezes que as pessoas atribuiram cada palavra para as amostras do grupo A e B (painel de imagens desenvovlido pela autora a partir de imagens do banco de referências Pinterest.nd).....124
Fig. 89- Resultados do Nível afetivo, palavras e a quantidade de vezes que cada palavra foi escolhida para as amostras do grupo A e B. (imagem desenvolvida pelaautora).....124
Fig. 90- Mind-Map realizado na etapa 2, para compreender as experiências que o material pode proporcionar aos utilizadores a partir das associações com os pontos principais da investigação (figura desenvolvida pela autora).....127

Fig 91- Realização de pesquisa MDMS com utilizadores, painel de referências (imagem da autora).....129
Fig.92 - Amostra de cascas de laranja e PLA (imagem elaborada pela autora).....135
Fig. 93 - Tipos de processos de manufatura aditiva (adaptado de 3Dhubs, n.d).....139
Fig. 94 - Pesquisa sobre o comportamento das pessoas relativamente aos óculos soláres (adaptado de Kanan, M., Bugin, et. al., 2019).....141
Fig. 95 - Pesquisa sobre o comportamento das pessoas relativamente aos óculos soláres (adaptado de Kanan, M., Bugin, et. al., 2019).....142
Fig. 96- Pesquisa que evidencia a hierarquia dos motivos que influenciam na escolha de óculos solares (adaptado de Vasileiadis, Theoklitos, et.al. 2019).....142
Fig. 97 - Mind map com informações referentes ao desenvolvimento de óculos solares (adaptado de Vasileiadis, Theoklitos, et.al. 2019).....144
Fig. 98 - Componentes armações de óculos (adaptado de Departamento de Física Universidade da Beira Interior, 2019.).....146
Fig. 99 -Medidas importantes para o design de armações de óculos (adaptado de Wahl, Florian et.al. 2017).....146
Fig. 100 - Moodboard com imagens inspiracionais (desenvolvida pela autora a partir de banco de imagem Pinterest).....147
Fig. 101 - 1. Primeiros esboços manuais 2. Esboço final selecionado e maquetes de
Fig. 102 - 1. Armação solar completa 2. Hastes 3. Frente 4. Detalhe do espaço de posicionamento da lente e de encaixe das hastes com pino do mesmo material (imagens desenvolvidas pela autora).....149
Fig. 103 - Desenho técnico em escala real (imagem desenvolvida pela autora).....150
Fig. 104- Simulação de aplicação do material (imagem desenvolvida pela autora).....151
Fig.105 - Simulação de usabilidade do material quando aplicadono produto (imagem elaborada pela autora).....152
Fig. 106 - Produção do protótipo (imagem elaborada pela autora).....153
Fig. 107 - Proposta de comunicação visual para o produto (imagem desenvolvida pela autora).....156
Fig. 108 - Proposta de folheto informativo sobre as instruções de uso e pós uso do objeto, e sugestões de atividades que possam diminuir o desperdício alimentar no contexto doméstico (imagem desenvolvida pela autora).....156
Fig. 109 - Esquema com as medidas e a planificação do estojo dos óculos solares (imagem desenvovlida pela autora).....157
Fig. 110 - Simulação do estojo em uso (imagem desenvolvida pela autora).....157
Fig. 111- Processo de produção do estojo (imagem desenvolvida pela autora).....158
Fig. 112- Processo de produção do estojo (imagem desenvolvida pela autora).....159
Fig. 113 - Opção sem costurar para o estojo (imagem desenvolvida pela autora).....159
Fig. 114 - Amostras desenvolvidas durante a fase de testes com materiais (imagem desenvolvida pela autora).....161

Lista de tabelas

Tabela 1 : Principais biopolímeros extraídos de frutas e resíduos vegetais para a produção de bioplásticos (adaptado de Acquavia et al., 2021).....36
Tabela 2 : Sintese da pesquisa academica e de mercado com projetos desenvolvidos através de bioresíduos (tabela desenvolvida pela autora).....68,69
Tabela 3 : Descrição da experiência 1 da fase exploratória do plano experimental (tabela desenvolvida pela autora).....74
Tabela 4 : Resultados dos primeiros testes de materiais com bioresíduos (tabela desenvolvida pela autora). 75
Tabela 5 : Descrição da experiência 2 da fase exploratória do plano experimental (tabela desenvolvida pela autora).....77
Tabela 6 : Descrição da fase de testes com biopolímeros da indústria alimentar do plano experimental (tabela desenvolvida pela autora).....82
Tabela 7 : Descrição do processo de tratamento das cascas de frutas (tabela desenvolvida pela autora).....84
Tabela 8 : Descrição do processo de desenvolvimento das amostras de cascas de fruta e amido de milho e tapioca (tabela desenvolvida pela autora).....86
Tabela 9 : Descrição do processo de desenvolvimento das amostras de cascas de fruta e PLA (tabela desenvolvida pela autora).....88
Tabela 10 : Descrição do processo de desenvolvimento das amostras de cascas de fruta e PLA e amido de tapioca (tabela desenvolvida pela autora).....90
Tabela 11: Descrição do processo de desenvolvimento das amostras de cascas de laranja com resina de pinheiro (tabela desenvolvida pela autora).....92
Tabela 12: Descrição do processo de desenvolvimento das amostras de cascas de laranja com amido de tapioca e base de tecido como reforço (tabela desenvolvida pela autora).....94
Tabela 13: Descrição do processo de desenvolvimento de amostras de filamentos com cascas de laranja e amido de milho (tabela desenvolvida pela autora).....96
Tabela 14: Descrição do processo de desenvolvimento de amostras de filamentos com cascas de limão e PLA (tabela desenvolvida pela autora).....98
Tabela 15: Descrição do processo de desenvolvimento de amostras de filamentos com cascas de laranja e PLA (tabela desenvolvida pela autora).....100
Tabela 16: Descrição do processo de desenvolvimento de amostras de filamentos com cascas de laranja e TPS (tabela desenvolvida pela autora).....104
Tabela 17: Tabela comparativa com todas as amostras desenvolvidas durante o plano experimental da investigação (tabela desenvolvida pela autora).....105,106,107,108
Tabela 18 : Tabela de benchmarking que compara projetos similares com reciclagem de resíduo alimentar (tabela desenvolvida pela autora) 117

Tabela 19 : Tabela que sintetiza informações percebidas a partir da fase 1 do MDD (tabela elaborada pela autora).....118
Tabela 20 : Imagens que tiveram similaridade nas escolhas dos participantes para cada palavra (painel de imagens desenvovlido pela autora a partir de imagens do banco de referências Pinterest.nd).....121
Tabela 21 : Imagens que foram selecionadas mais uma vez durante as escolhas dos participantes para aplicação dos materiais do grupo A e B em um produto (imagens do banco de referências Pinterest.nd).....122
Tabela 22 : Tabela comparativa entre todas as amostras desenvoldidas e as possíveis aplicações e as caracteristicas de cada amostra (tabela desenvolvida pela autora).....124
Tabela 23 : Pesquisa de mercado sobre óculos solares desenvolvidos com resíduos alimentáres ou com a técnologia de impressão 3D (tabela desenvolvida pela autora).....137

Abreviaturas

DDT- Diclorodifeniltricloroetano (pesticida)

LCD- *Life Cycle Design*

PLA - Polylactic Acid (Ácido Poliláctico)

TPS - Amido Termoplástico

MDD - *Material Driven Design*

MDMS- *Meaning Driven Materials Selection*

DIY- *Do it yourself* (faça você mesmo)

3D- Impressão 3D

FEUP- Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

INEGI- Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial

ESAN- Escola Superior Aveiro-Norte



Fig.1 - Amostras desenvolvidas durante a investigação (imagem produzida pela autora)



Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do tema

O sistema económico predominante desenvolvido desde a primeira revolução industrial, foi construído a partir do alto consumo de produtos físicos, e por consequência, no seu rápido descarte e substituição (Braungart, M., & McDonough, 2002). A problemática dos resíduos não atinge apenas o âmbito físico e material, incluí também o nível cultural da sociedade. Por este motivo, deu-se início ao surgimento de conceitos como economia e design circular, e desde então o papel do designer é posto em destaque, pois na atualidade o projeto de design desde o início inevitavelmente lida com questões ambientais complexas. Neste contexto, o designer é convidado a repensar sua atuação na sociedade, e assumir responsabilidade pelo que projeta, assim como, perceber a urgente necessidade de repensar todo o processo projetual, para que seu papel seja coerentes com o cenário e as problemáticas ambientais atuais (Papanek, 1972). O design dialoga com o mundo físico (inovações tecnológicas) e cultural (inovações sociais), e por este motivo é um participante fundamental no desenvolvimento de novas estratégias, sistemas e produtos, que sejam socialmente aceitáveis, economicamente viáveis e ambientalmente responsáveis (Manzini,Vezolli, 2002). Neste contexto, projetos ou iniciativas que colaboram na criação de soluções que promovam alternativas para evitar com que materiais e produtos sejam enviados indevidamente aos aterros são de grande importância.

Esta investigação está inserida no contexto do design circular, e na pesquisa com materiais biodegradáveis de fontes orgânicas, áreas nas quais surgem oportunidades de inovação para o design de produto. No âmbito do design circular, os designers podem explorar suas habilidades em todas as fases de diversos tipos de projeto, entre elas, é destacado o desenvolvimento e experimentação com novos materiais provenientes da reciclagem e reutilização de resíduos. Neste caso, os autores Garcia e Rognoli (2017) dizem que o campo de atuação do design é estendido para a de investigador da matéria, onde são explorados novos métodos de trabalhar, origens e sistemas, que podem resultar em materiais e produtos com processos e percepções visuais completamente inusitados, interessantes e diversos que proporcionam novas experiencias as pessoas (Ayala-Garcia & Rognoli, 2017). Neste caso o design interage com a área de engenharia de materiais, na atualidade o design naturalmente deve dialogar com diversas outras áreas científicas de modo abrangente e interdisciplinar (Bonsiepe,2011).

A pesquisa aborda modos de reciclagem de cascas de fruta por meio do design de produto. A pertinência da investigação está na problemática da alta taxa de materiais orgânicos e biodegradáveis que são depositados em aterros sanitários, o que gera efeitos colaterais negativos ao meio ambiente e para a sociedade em geral. Neste contexto, os produtos são enviados diretamente para os aterros o que causa o desperdício de materiais que poderiam ser reutilizados e incluídos em um sistema de economia circular

circular (Secretaria de Estado do Ambiente & Ministério do Ambiente e da Ação Climática, 2020).

O foco da pesquisa recai sobre a reutilização e reciclagem dos bio-resíduos, especificamente as cascas de fruta, e como estes materiais podem ser utilizados no contexto do design de produto. A investigação e o projeto prático descrito como caso de estudo propõem o desenvolvimento de materiais e produtos a partir dos bio-resíduos. O intuito é propor novas opções de valorização para estes resíduos, com o intuito de evitar que sejam encaminhados para os aterros.

Nesta investigação é proposta a aplicação de um dos materiais compósitos desenvolvidos com os resíduos de cascas de laranja e matrizes biopoliméricas a partir do método de fabrico aditivo (impressão 3D). Selecionou-se esta tecnologia, pela possibilidade em produzir produtos personalizados em escala única, por não ser necessária a confecção de moldes, na qual é possível ter total liberdade de design para cada produto produzido, e evita excessos de produção. Além disso, este método produtivo, evita com que haja um grande desperdício de material durante a fase de produção do produto, como ocorre nos métodos subtrativos convencionais. A investigação propõe um cenário no qual este método produtivo é utilizado no desenvolvimento de produtos e não apenas para prototipagem.

De acordo com Amilton (2018), atualmente a natureza não pode ser mais vista como um veículo de extração de matéria prima, mas deve servir de inspiração durante o processo de design, para que sejam desenvolvidos projetos mais compatíveis com o ambiente no qual vivemos (Amilton J. V. Arruda (Organizador), 2018). Ainda de acordo com os autor, ao considerar a natureza como inspiração, é necessário levar em conta os princípios de ecoeficiência presentes nos organismos e sistemas naturais. Neste contexto, na natureza todos os materiais são transformados e aproveitados ao máximo, pois os organismos naturais constroem com o mínimo de desperdício de materiais e energia, e por este motivo o que é produzido pela natureza coexiste em harmonia com todo o sistema (Amilton J. V. Arruda (Organizador), 2018).

1.2 Objetivos

A investigação tem como o **objetivo geral:** Desenvolver um material experimental a partir da reciclagem de bio-resíduos, especificamente cascas de fruta, que possam ser aplicados a produtos de design e incluídos na economia circular de modo inovador. Os objetivos específicos da investigação consistem em:

• Desenvolver materiais compósitos, com aglutinantes biodegradáveis, como o PLA e Amidos, materiais que apresentam menor impacto ambiental ao serem comparados com os polímeros convencionais, além de manterem a biodegradabilidade das cascas de fruta.

• Desenvolver uma pesquisa experiencial e sensorial com os possíveis utilizadores dos produtos nos quais os materiais desenvolvidos poderiam ser aplicados, a partir de metodologias de design com o foco na seleção de materiais (MDD). Esta metodologia tem como objetivo perceber quais as percepções das pessoas sobre os materiais desenvolvidos com bio-resíduos, além de reunir informações que possam servir de inspiração para as possíveis aplicações futuras.

•Propor uma sugestão de aplicação, para um dos materiais desenvolvidos durante o caso de estudo da investigação. Nesta fase, o objetivo é propor a aplicação para o material desenvolvido por extrusão de filamento para ser produzido a partir do método de fabrico aditivo (impressão 3D).

1.3 Metodologia

A metodologia para o desenvolvimento da dissertação é dividida em duas fases, a primeira de pesquisa, e a segunda do desenvolvimento do projeto prático. Na primeira fase é utilizado o método tradicional de pesquisa teórica e acadêmica, a partir da pesquisa em base de dados científicos de modo online (*websites*) e físico (livros e revistas), sobre os seguintes temas: problemática dos resíduos, bio-resíduos, modos de reciclagem e valorização dos materiais, biopolímeros e biocompósitos com aditivos de fonte natural, o papel do design na sociedade atual, sustentabilidade, design e economia circular, percepção dos materiais nos diversos níveis, tanto técnicos, como sensoriais e simbólicos. Utiliza-se o software Mendeley como gestor de referências e para a organização de todas as informações recolhidas. Ainda na primeira fase, realiza-se uma pesquisa de mercado, que consiste em listar designers, estúdios, universidades e empresas que abordam temáticas similares ao da investigação, com o objetivo de perceber o que já foi produzido tanto no contexto acadêmico, como no mercado.

Na segunda fase desenvolve-se o caso de estudo, a partir das informações reunidas durante o desenvolvimento da pesquisa teórica, que servirão de base para o desenvolvimento do plano experimental. A fase de testes e ensaios são desenvolvidas de modo exploratório e experimental, ou seja, são realizados os ensaios e de acordo com os resultados obtidos, novas experiencias são estipuladas.

O método MDD (*Material Driven Design*) é utilizado como suporte na fase de concepção de conceitos e possíveis aplicações em produtos para as amostras de materiais, além de auxiliar na pesquisa com os utilizadores em relação a percepção dos materiais desenvolvidos durante o caso de estudo.

1.4 Estrutura da dissertação

A dissertação está estruturada em cinco capítulos. O primeiro é o Estado da Arte, onde se desenvolve o levantamento bibliográfico. São apresentadas as informações importantes recolhidas durante a fase de leitura e pesquisa, estão presentes as análises e reflexões dos autores reunidos, assim como se realizam possíveis ligações e associações teóricas entre os temas da investigação.

No segundo capítulo, o caso de estudo, apresenta-se um projeto prático desenvolvido a partir das conclusões levantadas durante o desenvolvimento do primeiro capítulo. Neste capítulo descreve-se os ensaios com as cascas de fruta e realiza-se um comparativo entre as amostras de materiais resultantes da fase experimental. Descreve-se também a utilização do método MDD (Material Driven Design) como suporte na seleção de amostra para aplicação em um produto.

A seguir, no capítulo 3, com o título de Proposta de Aplicação, descreve-se o processo de design a partir de uma proposta de aplicação para as amostras de materiais desenvolvidos durante a fase experimental. No último capítulo encontram-se as considerações finais. Nesta fase são expostas as conclusões e o objetivos atingidos durante o desenvolvimento da investigação, assim como, pontua-se possíveis adversidades e melhorias futuras para o projeto.



Fig.2 - Resíduo de cacas de fruta utilizado durante a investigação (imagem produzida pela autora).



Capítulo 2

ESTADO DA ARTE

INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentada a revisão de literatura sobre as temáticas abordadas na investigação. Apresenta-se um panorama sobre a sustentabilidade e o papel do designer na complexidade das urgentes questões ambientais da sociedade, na qual é necessária uma abrangência de atuação, onde o designer se relaciona com diversas áreas de conhecimento, de acordo com o projeto a ser desenvolvido. É evidenciado como o designer de produto é importante no âmbito cultural, e neste contexto é exemplificado como o design participa na criação de produtos com significados na sociedade, que indiretamente ou diretamente influenciam nos hábitos de consumo e estilo de vida das pessoas.

Realiza-se uma revisão geral sobre o contexto dos resíduos na sociedade atual. Aborda-se os problemas relacionados ao alto nível de produção, consumo e rápido descarte dos produtos físicos industriais que após serem descartados assumem a qualificação de resíduos. Apresenta-se o contexto mais específico sobre os bio-resíduos, ou seja, resíduos resultantes da produção ou consumo de alimentos. É evidenciada a importância da gestão dos resíduos, assim como são explorados seus métodos de reciclagem, e o potencial de aplicações destes materiais em diversas áreas, especificamente na área de desenvolvimento de materiais. Neste contexto, é investigado o desenvolvimento de materiais biocompósitos como forma de reciclagem para que os bio-resíduos possam ser aplicados na área do design de produto.

A partir disso, é discutido como o designer industrial e de produto pode contribuir na ressignificação dos resíduos, ao explorar modos para transformá-los em objetos de valor e desejo quando embutidos em produtos. São levantados os conceitos de sustentabilidade e do design circular, e por fim, é exposto o contexto no qual o projeto de design surge a partir da investigação e pesquisa com os materiais como ponto de partida no processo de design.

É desenvolvida uma pesquisa de mercado, com os exemplos de projetos desenvolvidos a partir da exploração com materiais inovadores, que surgiram a partir da reciclagem de bio-resíduos, ou do conceito do biodesign, no qual, os materiais são pensados a partir da compreensão e interação com as ciências biológicas, químicas e engenharia que integram o design com os mecanismos e modos produtivos da natureza.

2.1 DESIGN E SUSTENTABILIDADE

A partir do final da década de 60 e início da 70, as preocupações ambientais, contribuíram para a formação de uma nova consciência mundial sobre o papel do design e da tecnologia na sociedade (Cardoso, 2000). De acordo com Cardoso (2000), a profusão e abertura para novas abordagens de pensamento, sobre ecologia e as preocupações ambientais, foram o ponto de partida para a contestação da noção de bem-estar e da conscientização sobre os impactos da produção industrial. Ainda de acordo com o autor, a partir deste período as contradições da modernidade começaram a ser questionadas, pois concluiu-se que o mesmo progresso material que proporcionou imensos benefícios para a sociedade, também foi exposto como responsável pela atual crise ambiental (Cardoso, 2000).

Além das questões relacionadas com a preservação ambiental, de acordo com Margolin (2006), o paradigma do desenvolvimento industrial e da desigualdade de oportunidades e limitação de recursos presente nos países pobres, fez surgir a partir de 1980 uma série de comissões das Nações Unidas. Assim, a definição de desenvolvimento sustentável foi ampliada, e a prioridade foi desenvolver projetos que promovessem a melhoria da infraestrutura económica destes países. Foram formuladas ações que propunham intervenções nos temas de igualdade social, saúde, nutrição, educação, entre outros. A partir deste período, o conceito de desenvolvimento sustentável passou a abranger questões sociais além das ambientais, e o tema da sustentabilidade passou a ter grande importância e abranger todas as áreas e campos de pesquisa (Margolin, 2006). Na linha do tempo da fig. 3, desenvolvida por Michael Ashby (2016) é possível visualizar as datas das reuniões, relatórios relacionados a sustentabilidade e publicações de relevância realizados a partir da década de 1960 no mundo. Relativamente à consciencialização popular sobre os problemas ambientais causados pelos impactos da industrialização, nota-se uma reorientação para novos comportamentos mais envolvidos. As pessoas em geral começaram a procurar e exigir produtos menos nocivos ambientalmente, e deste modo a indústria teve que começar a implementar processos de fabrico e tecnologias limpas (Manzini,Vezolli, 2002).

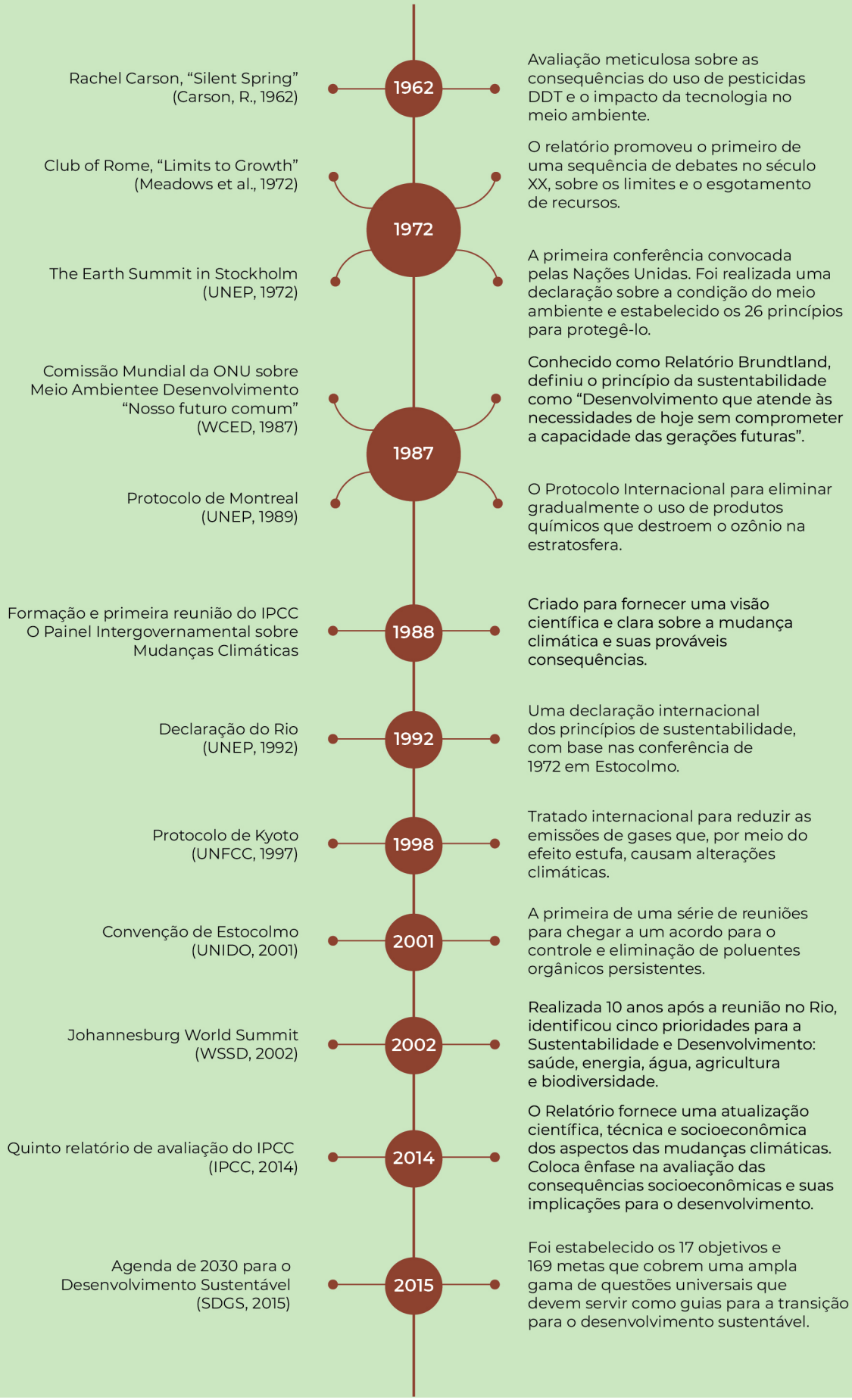


Fig.3 - Linha do tempo que mostra a data de importantes publicações, relatórios, acordos e reuniões que discutiram sobre o tema da problemática ambiental e sustentabilidade (adaptado de Ashby 2016 e SDGS).



Fig.4 - Ainu kinomo tradicional japanes produzido com modelagem *zero-waste* sem produzir resíduo têxtil (imagem de Brooklyn Museum, 2013).

Entre os tipos de processos menos nocivos, temos o conceito do *Zero Waste*, que consiste em projetar e produzir sem a geração de resíduos, e promover a gestão correta dos materiais para que não ocorra desperdício de matéria prima (Zero-waste International Alliance 2009). Na indústria têxtil, por exemplo, é possível evitar o desperdício que ocorre no estágio de corte das peças de vestuário. Ao incluir este método, é possível ter maior eficiência e interação entre a fase de projeto e o processo produtivo. Vestimentas orientais tradicionais como o Kimono, fig. 4, eram produzidas por este processo, eram produzidas com pouco ou nenhum desperdício na etapa de modelagem e corte (Mcquillan, 2011). Além disso, foram desenvolvidos instrumentos e critérios metodológicos com o propósito de auxiliar os designers e produtores a mensurar o impacto de seus produtos. Uma destas metodologias é a *Life Cycle Design (LCD)*, neste caso o projeto é pensado para o ciclo de vida inteiro do produto, ou seja criar uma ideia sistêmica do produto, em que o uso de materiais, de energia e o impacto de todas as emissões e resíduos sejam reduzidos ao mínimo possível (Manzini,Vezolli, 2002).

De acordo com os autores Manzini e Vezolli (2002), a sustentabilidade é um objetivo a ser atingido e não uma direção a ser seguida, e nem tudo que apresenta alguma melhoria em temas ambientais pode ser considerado sustentável. Desta forma os autores estabelecem quatro principais requisitos que classificam as novas propostas ou produtos como realmente sustentáveis, estes requisitos podem ser visualizados na fig. 5 (Manzini,Vezolli, 2002).

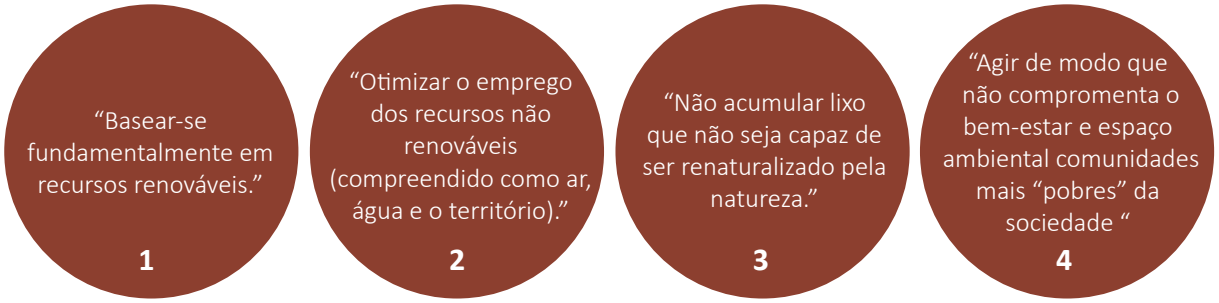


Fig.5 - Quatro principais requisitos que classificam os novos projetos e propostas como sustentáveis (elaborado pela autora a partir de Manzini, Vezolli, 2002).

Os autores ainda estabelecem que o termo design industrial atualmente não deve ser aplicado apenas ao produto físico, mas deve ser ampliado a todo o sistema-produto, isto é, ao conjunto integrado do produto, serviço e comunicação com que as empresas se apresentam no mercado. O autor coloca que neste quadro o papel do design industrial pode ser compreendido como a atividade que " integra a tecnologia possível com o ecologicamente necessário, e faz nascer novas propostas que sejam socialmente e culturalmente compatíveis e aceitáveis" (Manzini,Vezolli, 2002).

Neste contexto, é possível dizer que ao atuar em resolver as problemáticas atuais, a área do design inevitavelmente dialoga em algum nível com quase todos os outros campos de conhecimento. O designer no mundo atual tem a capacidade de estimular relações que interligam diversas áreas de conhecimento, com o propósito de criar projetos com relevância que interfiram de forma inovadora nas diversas áreas da sociedade (Cardoso, 2016; Margolin, 2002, Manzini 2017; Bonsiepe 2013).

Sendo assim, ainda de acordo com Manzini e Vezolli (2002) sobre os possíveis percursos sustentáveis, é possível perceber que todas as soluções são caracterizadas pela combinação entre inovações de dimensão técnica e sociocultural. Para facilitar o entendimento sobre o percurso para a sustentabilidade, os autores desenvolveram o gráfico da fig. 6. Nele é possível observar as duas variantes, mudança tecnológica (t) e mudança cultural (c). No gráfico é possível visualizar em que nível e posição cada tipo de solução se encontra.

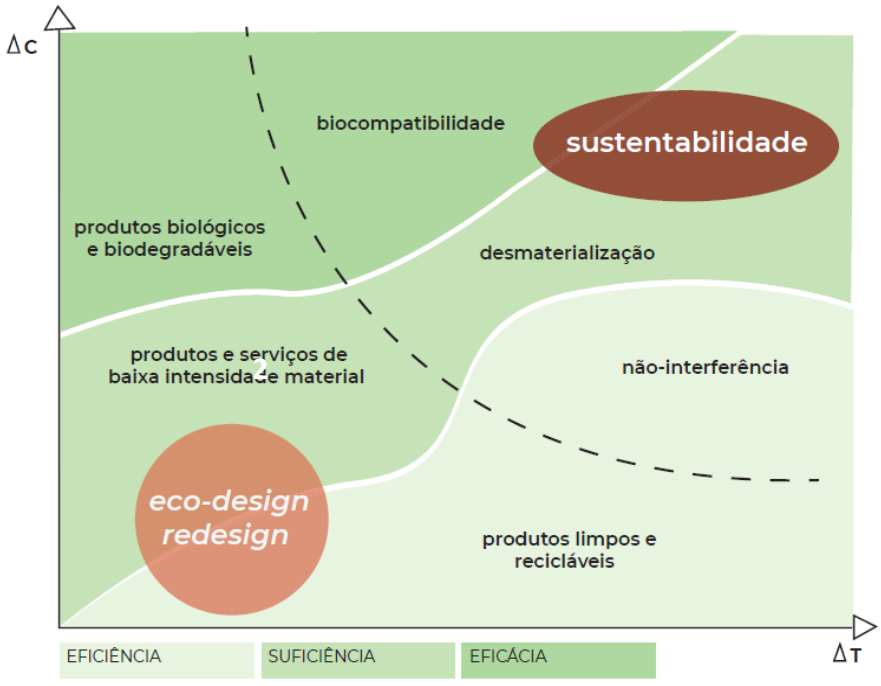


Fig.6 - Gráfico com possíveis percursos para a sustentabilidade relacionadas de acordo com mudanças tecnológicas e mudanças culturais (adaptado de Manzini, Vezolli, 2002).

É importante ressalvar que para os autores as propostas que se enquadram como eco-redesign do existente, isto é, soluções baseadas apenas na substituição e no redesign de produtos com materiais mais ecológicos, não podem ser considerados produtos sustentáveis. Estas soluções tratam-se de uma soluções parciais, pois apesar de serem soluções positivas, necessarias e importantes para o ambiente, não são suficientes na perspectiva da sustentabilidade pois não influenciam nos hábitos culturais das pessoas (Manzini,Vezolli, 2002).

De acordo com o gráfico as três soluções que condizem com os objetivos da sustentabilidade são: a "biocompatibilidade", ou seja, projetos que são compatíveis e atuam em sinergia com o sistema e o ambiente. A "desmaterialização", produtos que possam ser transportados para o meio digital, e a "não interferência", o modo de projetar sem causar impactos negativos. Estes são os três tipos de soluções inovadoras coerentes com os objetivos da sustentabilidade.

Por fim, segundo os autores o maior dilema na atualidade é abranger os diversos interesses, os ecológicos e os sociais. No patamar ambiental é necessário focalizar em alterar o modo de produção e consumo para que os problemas ambientais, não perdurem ou intensifiquem. No âmbito social, o principal dilema é como realizar a transição para a sustentabilidade sem que ocorram catástrofes culturais, políticas e económicas. Os autores consideram que o papel do projetista na transição em direção à sustentabilidade, não é a de projetar novos modos de vida sustentáveis, mas a de facilitar e criar oportunidades para que novos modos de pensar e produzir sejam desenvolvidos, aceites e consolidados na sociedade.

Visto que a transição para a sustentabilidade atinge tanto o patamar físico, como o cultural da sociedade, o designer como profissional que atua em ambos os níveis, tanto na fase de projeto e produção dos objetos, mas também interfere na construção de significado e sentido, pois está relacionado com a interação entre utilizador e o objeto, que são traduzidos pela construção de noções de qualidade de vida, valores e beleza (Manzini, 2017). É possível dizer que na atualidade e no contexto abordado da produção de resíduos ou na aplicação de novos materiais menos nocivos ambientalmente, a atuação do designer é considerada fundamental não apenas em encontrar modos pelos quais estes materiais possam ser reutilizados ou reciclados, mas também contribuir para que estes materiais sejam apreciados pela sociedade.

2.1.2 O papel do design

Ao apontar que o designer sempre possuiu um papel importante na sociedade pois está intensamente relacionado à inovação, é necessário abordar a sua posição na atualidade de modo crítico. Relativamente a complexidade do design na pós-modernidade e agora na contemporaneidade, Rawsthorn, (2015) destaca que a ordem social, o sistema político, a urgência das questões ambientais, assim como as tecnologias estão em constante mudança. Segundo a autora, os valores e as ideias pessoais mudaram em relação a décadas passadas, o que representa um desafio para o design, que deve manter-se constantemente em sintonia com a sociedade, e por isso deve sempre reinventar-se. A autora aborda que a atividade do designer, sempre foi movida pelo propósito de "mudar" algo, seja na implementação de uma tecnologia, ou na criação de um produto que facilite a vida das pessoas. Segundo a autora, atualmente o designer precisa reforçar ainda mais o seu papel como agente de mudança, e possibilitar a participação da sociedade no processo de design de forma construtiva e benéfica para a sociedade e para o ambiente (Rawsthorn, 2015)

De acordo com o designer Kenji Ekuan (1997), o design parece estar em uma estagnação em termos de ideologia e atividade. O autor diz que enquanto o mundo possui diversos problemas ambientais e sociais, o designer assumiu o papel de espectador passivo diante destas problemáticas. Segundo ele, estamos em um ponto no qual esta postura não é mais tolerável e para que o design possa efetivamente ter um papel representativo na contemporaneidade é necessário que ele redefina seu propósito e sua organização estrutural. Sendo assim, o autor coloca que o design tem uma nova tarefa, a de propor a construção de uma nova imagem de estilo de vida e bem-estar, que seja compatível com as questões ambientais nos diversos contextos (Ekuan, 1997, citado por Margolin, 2002). Neste caso, é possível citar Papaneck (1972), que desde os anos 70, defende que o designer deve assumir a responsabilidade sobre o que projeta. Para o autor a responsabilidade do designer não deve ser limitada apenas em relação às percepções de como o produto é recebido pelo mercado, ou restrito aos métodos aplicados na fase projetual. O designer deve levar em consideração o julgamento moral e social, antes de começar a projetar, e por meio do pensamento crítico avaliar se o projeto tem mérito de sua atenção, ou seja, se proporcionará resultados positivos na sociedade (p.67).

Além disso, o design ao ser definido como a prática de materializar objetos para serem produzidos de modo industrial, inevitavelmente está fortemente relacionado com a cultura de consumo (Margolin, 2002). De acordo com Whiteley (1993), o design deve ser questionado quando é

motivado apenas por questões comerciais, pois neste contexto opera apenas como uma ferramenta para impulsionar um consumo maior de produtos. Por outro lado, de acordo com Rawsthorn (2015), na atualidade o design deve ser incentivado a ser ambicioso a ponto de não apenas ignorar as demandas comerciais, mas percebê-las como oportunidades de mudanças sociais e políticas. Sendo assim, segundo a autora, quando os setores industriais e áreas que estão fortemente relacionadas ao consumo (como é o caso do design), repensarem seus valores com o foco nas questões ambiental grandes mudanças positivas ocorrerão.

Neste contexto, é possível valorizar uma das características mais importantes do design, a capacidade de influenciar nas atitudes das pessoas, além de estimular certos comportamentos dos utilizadores em relação aos objetos. De acordo com Cardoso (2016), a partir da aparência dos artefatos, a percepção do uso pode ser alterada significativamente (Cardoso, 2016.) Desta forma, o design é considerado um meio para criar significados aos materiais ou influenciar novos modos de utilização ou interação entre o utilizador e os artefatos. Como exemplo temos o projeto de garrafas de bebidas orgânicas e saudáveis para crianças, as garrafas foram desenvolvidas com a ideia de serem relacionadas a diversão e ao jogo, o que motivou a preferência das crianças pelo objeto, e proporcionou uma mudança de hábito e preferência para o consumo de bebidas saudáveis em vez das convencionais, fig. 7 (Béhar, 2008).



Fig.7 - Yves Béhar garrafas de bebidas que são transformadas brinquedos após o uso (imagem de Design Indaba, 2008).

Outro exemplo no qual o design influencia na aceitação dos produtos é descrito por Karana et al. (2015). A autora reflete sobre o surgimento dos materiais plásticos na sociedade. Quando os materiais poliméricos surgiram, eles eram associados a produtos de baixo custo, baixa qualidade e sem autenticidade. Ao serem comparados com os materiais concorrentes, como a madeira e os metais, não apresentavam grande valor. Por volta de 1950, a Tupperware introduziu os plásticos em produtos que condiziam e exaltavam as suas melhores qualidades, como ser flexível, leve e macio ao toque (Clemenshaw, 1989, citado por Karana et al. 2015), fig. 8. A autora explica que, por meio do design de produtos foi possível conceber uma nova experiência tátil ao utilizador, como a opção de fechar os recipientes, por meio de vedação de pressão manual, além de alta flexibilidade e transparência, o que distinguia os plásticos, dos demais materiais utilizados na época.



Fig.8 - Propaganda tupperware 1950 (imagem de Design Sponge,2013).

A autora explica que os produtos de cozinha da Tupperware tornaram-se a representação das “donas de casa modernas” naquela década e por este motivo o material ganhou uma identidade forte, e apenas após este evento o material foi incorporado de forma sólida na sociedade. Atualmente é quase

impossível imaginar um mundo sem objetos feitos de polímeros (Karana et al., 2015).

É possível concluir que o designer como profissional tem a característica de dialogar com o âmbito material, pois concebe produtos físicos, mas também dialoga com o âmbito simbólico, pois estes produtos são a representatividade de valores imateriais e significativos da sociedade. Relativamente em questão de sua atuação, o design parece estar estagnado em relação as problemáticas atuais, o que deve ser abordado de forma crítica. O design por ser considerado uma disciplina que está em sintonia com a sociedade, deve repensar o seu modo projetual, pois o modelo tradicional de design promovido e estimulado desde a primeira revolução industrial, já não corresponde com as necessidades, assim como as expectativas da atualidade. No contexto da problemática da profusão dos resíduos e das urgências ambientais, o designer pode assumir um papel estratégico tanto na atribuição de novas aplicações para estes materiais, assim como na alteração da percepção das pessoas sobre estes materiais e produtos ao agregar valor por meio da alteração de sua aparência, contexto e aplicação.

2.1.2 Design e desperdício

Segundo Cardoso (2016) os objetos não morrem ao serem descartados, pelo contrário, sua matéria sobrevive fisicamente com a qualificação de resíduo. Neste contexto o autor considera o resíduo como a matéria desprovida de sentido, ou seja, sem valor ou significado. Para explicar, o autor utiliza a comparação das atividades de descarte e venda, ao dizer que a única diferença entre ambas é a atribuição de valor ao artefato, e o que consideramos dispensável, muitas vezes é objeto de valor para outros. Por este motivo, o autor entende por resíduo a ideia que as pessoas possuem dos objetos, assim é possível mudar a percepção das pessoas sobre os resíduos, a partir da requalificação ou atribuição de novos sentidos e significados. Neste caso, o design pode contribuir de modo positivo, muitos designers e artistas trabalharam com essa abordagem, ao iniciar suas criações ou projetos com a intenção de utilizar materiais descartados como matéria prima e fonte de inspiração. Nas fig.9, 10 e 11 é possível visualizar resultados de projetos que utilizaram resíduos como matéria prima.



Fig. 9 - Peça da designer Bethany Williams desenvolvida a partir de patchwork de peças de roupas descartadas como resíduo (imagem de Vogue, 2020).

Relativamente a atribuição de significados aos materiais, Hekkert e Karana (2014) evidenciam a dificuldade em separar os significados dos materiais dos significados dos produtos nos quais os materiais estão aplicados. Neste sentido, é possível dizer que os materiais não possuem significado por si só (Hekkert, Van Dijk,2011). Os autores explicam que o mesmo ocorre com as nossas emoções e respostas estéticas, é possível dizer que os significados dos produtos e materiais surgem das nossas interações e mudam de acordo com o contexto em que ocorrem (Karana, 2009; Karana et al., 2010). Os autores abordam que embora alguns significados pareçam estar associados diretamente a certos materiais, como por exemplo, a madeira ser “quente”, ou o plástico ser “artificial”. Isso é uma conclusão incerta, pois mesmo com a existência de padrões nas relações de significados, os significados dos materiais só são identificados quando estes materiais são aplicados aos produtos. Assim, qualquer material pode possuir e transmitir qualquer significado em determinados contextos culturais ou individuais (Hekkert, Karana 2014). Como consequência, é possível dizer que os materiais descartados como resíduos podem adquirir novos significados, por meio do design, pois são transportados para um novo contexto. Dito isto, é possível subverter a condição de resíduo dos materiais descartados, para assumir novamente um papel de objeto de desejo na sociedade.



Fig.10 - Jaqueta desenvolvida pela designer Katty Xiomara para a Vintage for a Cause, feita com desperdício têxtil (imagem de Vintage for a Cause, 2021).



Fig.11 - Produtos desenvolvidos no projeto Precious Plastic (imagem de Precious Plastic, n.d).

Segundo o designer Chapman (2005), quando um objeto é descartado em perfeito estado e funcionalidade, pode-se atribuir esta ação, como uma falha da conexão e relacionamento emocional criada entre o utilizador e o objeto. O mesmo autor ainda coloca que na atualidade somos consumidores de significado, e os objetos materiais funcionam como meios tangíveis que nos permitem experienciar sonhos e desejos, e por consequência nos

permitem construir uma identidade. De acordo com o autor, no mundo do excesso material da atualidade, é necessário que os designers e a indústria criativa e inovadora se afastem do físico e material e comecem a entender mais sobre a sustentabilidade da empatia, significado, desejo e outros fatores subjetivos que influenciam e podem prolongar a vida dos produtos. Ao tratar dos produtos no nível do design emocional, Norman (2004), faz o questionamento de como manter o interesse, o laço afetivo e o prazer estético por um longo período pelo mesmo produto. Ele sugere que a resposta talvez venha do estudo de coisas que resistam ao passar do tempo, como música, literatura e arte. De acordo com o autor, a longevidade destas obras derivam da riqueza e complexidade de sua estrutura, pois possuem a capacidade de proporcionar uma experiência diversa a cada interação.

De acordo com Braungart, M., & McDonough (2002), os resíduos, ao serem integrados em um objeto de design, já recebem um alto valor agregado, pois são incluídos a um novo cenário, e neste contexto o objeto não é apenas funcional e útil, mas possui também grande importância social, pois colabora na resolução da problemática do descarte excessivo de materiais. Cardoso (2016) evidencia que devido ao impasse ambiental que a sociedade se encontra, é necessário olhar para o artefato com a visão da cultura material, ou seja, os objetos são os vestígios daquilo que somos e refletem o estado atual de nossa cultura. O autor propõe que é necessário pensar nos produtos com a consciência ampliada, com o foco no após uso. Neste contexto, são englobadas diversas possibilidades positivas e promissoras para a problemática e contribuição na gestão dos resíduos, e por consequência contribuir para que o estatuto de resíduo e o hábito do desperdício deixe de existir. Além disso, no contexto do design a partir dos resíduos, o design assume o caráter interdisciplinar, pois deve ser inserido em diversos projetos que demandam conhecimentos específicos, ou promover a união de uma equipe diversa de acordo com os objetivos a serem atingidos, entre as disciplinas, é necessário que haja a união e troca entre os profissionais que tratam do design, das questões ambientais, de gestão de materiais e processos, entre outros.

2.1.3 Design e Economia Circular

A Fundação Ellen MacArthur é uma das principais instituições que tem como missão acelerar a transição rumo a uma economia circular. De acordo com a fundação, trata-se de economia restauradora, que propõe fluxos eficazes de materiais, energia, trabalho e dispõe de informações e condições para que o capital natural e social possa ser reconstruído. O princípio parte de uma abordagem cíclica sobre o consumo e o uso de materiais, em oposição ao modelo clássico de economia linear 'extrair-utilizar-descartar'. A Economia Circular prioriza o desenvolvimento de produtos ou serviços que incentivem a reutilização e extensão da vida útil dos produtos, ao assumir que qualquer material deve servir de matéria prima ou recursos para novos produtos (Ellen Macarthur Foundation, 2013).

O modelo de economia circular é dividido em dois ciclos de produto, o técnico e o biológico (fig. 12). No ciclo biológico, os materiais renováveis, de origem biológica, após o consumo são utilizados para regenerar os ciclos vivos do sistema, como o solo e a energia. Neste ciclo encontam-se os materiais de origem natural, como a madeira, algodão e orgânicos em geral. No ciclo técnico, após o consumo, os componentes ou os materiais do produto são recuperados, por meio de estratégias como reutilização, reparo, remanufatura ou em último caso reciclagem. (Peter Joore et al, 2019).

Relativamente ao percurso que ocorre no ciclo biológico, os materiais são pensados para voltar ao sistema através da compostagem e digestão anaeróbica. Neste caso o ciclo é responsável por regenerar sistemas vivos, como o solo.

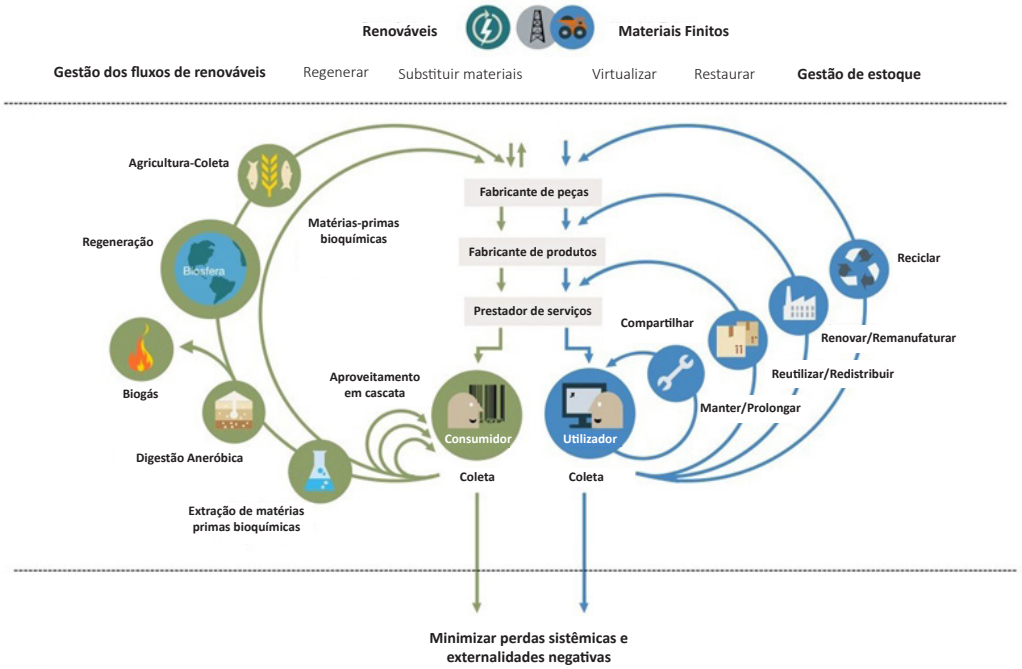


Fig.12 - Dimensões do sistema dos materiais no contexto da economia circular (imagem adaptada de Ellen Macrthus Foundation).

Na economia circular dos alimentos o ideal é que alguns destes materiais ao serem valorizados sigam a cadeia em cascata, na qual os materiais possuem finalidades diversas das originais, como tecidos, materiais e bioenergia (Ellen Macarthur Foundation, 2017).

Neste contexto, de acordo com Medkova e Fifield (2016), o design na economia circular é complexo, pois o foco não está no produto em si, mas a preocupação do design é estendida para o todo o sistema. O design circular pretende investigar e fornecer um produto ou serviço funcional a partir da melhor escolha de materiais e desempenho, ao mesmo tempo em que considera minimizar o impacto em todo o ciclo de vida, ao promover a continuidade dos ciclos fechados. A fase de design influencia a vida útil do produto, assim como está relacionada ao nível de facilidade na reutilização ou reparo dos produtos e matérias. É na fase de projeto que é possível fazer decisões importantes, que posteriormente facilitam estes processos (Katerina Medkova and Brett Fifield, 2016).

Ainda de acrodo com as autoras, a economia e o design circular enfatizam a colaboração e cooperação entre vários campos, principalmente na fase de design. A comunicação deve ser ativa entre designers, especialistas de materiais e engenheiros, ambientalistas, economistas e utilizadores finais. O intercâmbio de informações é essencial para decisões inovadoras de design circular. Atualmente a maioria das soluções tem como foco a reciclagem dos materiais, que resultam em projetos de *downcycling* e grande perda de valor embutido. O desafio é conceber produtos de *upcycling*, que aumentem o valor dos materiais. O desafio do design circular não deve ser abordado quando o produto está pronto, mas sim, a partir do início da fase de projeto e considerar as decisões de materiais e conceitos, para criar um ambiente sustentável e uma abordagem sistêmica que apoiem o bem estar e o crescimento econômico (Katerina Medkova and Brett Fifield, 2016).

Ainda de acordo com a Fundação Ellen MacArthur a fase de escolha e seleção dos materiais que são utilizados nos produtos é de extrema importância para a construção de produtos circulares. Em parceria com a Ideo (empresa de consultoria em design e inovação) a Fundação desenvolveu o *Circular Design Guide*, que possui *tollkits* e ferramentas que auxiliam os designers nas diversas fases do desenvolvimento de projetos de design circular. Entre as ferramentas auxiliadoras que disponibilizam é possível perceber a importância da fonte e origem dos materiais, assim como perceber como os materiais estão inseridos no modelo de circularidade (Ellen Macarthur Foundation, 2013).

2.1.4 O Material como ponto inicial no projeto de design

A pesquisa e o desenvolvimento de novos materiais e processos são fonte de inspiração que estimulam o pensamento criativo dos designers. Por meio desta inspiração são criadas soluções visuais, táteis e estruturais. Resumidamente, os materiais contribuem para a concepção da personalidade de um produto e influenciam o modo como o utilizador interage com o objeto (Mike Ashby and Kara Johnson, 2003). De acordo com Karana (2009), a história do design está intimamente relacionada a história dos materiais e é possível perceber como a estética ou estilo dos objetos estão fortemente relacionadas a escolha dos materiais. Nas fig. 13, 14 e 15 estão presentes alguns exemplos de designers que trabalharam materiais de modo inovador.

De acordo com Ashby e Johnson (2003), os avanços tecnológicos e a descoberta de materiais influenciaram completamente os projetos de design industrial. Os autores colocam que para haver uma mudança de direcionamento de uma sociedade movida pelo consumo de materiais para uma sociedade sustentável é necessária uma revisão da relação e utilização dos materiais. A intervenção dos profissionais só é possível com o profundo conhecimento dos processos produtivos, para que seja possível escolher o melhor material a ser aplicado e a forma mais eficiente de o produzir.

Karana (2009) evidencia a relação entre materiais e o seu processo produtivo. O tipo de material não afeta apenas os objetos de design, também demanda criatividade e investigação na confecção de moldes e de seus meios produtivos, como exemplo, os polímeros demandam diversos estudos e testes de moldagem. Com as melhorias nas tecnologias de fabricação e engenharia, a manipulação dos materiais pode proporcionar diversas características visuais que diferem das suas qualidades físicas. Como exemplo, o metal pode ser aplicado em formas orgânicas e as cerâmicas são utilizadas inclusive no setor eletrônico (Karana, 2009). A partir da aplicação do material, um produto ganha sua dimensão no mundo físico. O que foi idealizado por um conceito, um esboço bidimensional ou uma renderização virtual, só atinge o patamar do mundo real quando ocorre a implementação em um material (Schifferstein and Wastiels, 2014).

A pesquisa e escolha de materiais sempre foi um ponto importante no processo de design, além disso, de acordo com Manzini 1986 (citado por Karana 2015), designers são cada vez mais abordados pela indústria de materiais não apenas para aplicar novos materiais, mas para participar no seu desenvolvimento. Isso ocorre pois um material deve possuir os mesmos princípios que um produto, ou seja, ser funcional, ao mesmo tempo que corresponde às expectativas de aceitação das pessoas. O desenvolvimento de um material deve ser multidisciplinar, ou seja, a engenharia deve colaborar de algum modo com profissionais de outras disciplinas como o design, artes ou arquitetura (Karana et al 2015).



Fig.13 - Aplicação da Cerâmica com uma estética inesperada para o tipo de material. Design de Marcel Wanders, Sponge vase and Foam bowl, 1997 porcelana esmaltada (imagem de Mutualart, n.d.)



Fig.14 - Com a intenção de mudar a percepção de que os têxteis são usados exclusivamente para estofados e objetos maleáveis, a designer Fransje Gimbrere reaproveitou resíduos em fibras naturais e polímeros reciclados como componentes de construção para estruturas contemporâneas (imagem de Smits, n.d.)



Fig.15 - A designer Neal Aronowitz, escolheu o concreto armado para criar sua coleção de móveis 'Concrete Canvas' (imagem de Ignant, n.d.)

Quando o designer parte da ressignificação de um resíduo e da investigação de um material como ponto inicial do projeto, o potencial e as possibilidades de alteração da percepção deste material são imensos (Bramston e Maycroft 2014). No contexto da reutilização de produtos e materiais, temos o pensamento, de *"cradle to cradle"* de McDonough e Braugart (2002) que reconhece o valor e incentiva o conceito de reprocessamento e reutilização dos materiais, com o intuito de fornecer uma abordagem que visa evitar que materiais virgens sejam extraídos e fabricados.

Muitos designers iniciam seu projeto com o foco no desenvolvimento do material, com a intenção de resultar em um produto que seja uma alternativa mais sustentável do que as opções já existentes. A pesquisa em novos materiais pode possibilitar o desenvolvimento e sugerir aplicações diversas das convencionais, como *bio-based materials* derivados de resíduos orgânicos, *smart-materials* e materiais reciclados (Karana et al 2015). A exploração e pesquisas de designers com materiais de base biológica, produzidos a partir de algas, bactérias, fungos, resíduos alimentares, entre outros, proporcionou o surgimento de uma nova prática de design, que integra a engenharia, biologia e o artesanato. Segundo Karana (2018), esta prática altera a posição passiva do designer de selecionador, para a posição de ativo investigador e produtor de seus próprios materiais (Karana et al., 2018).

Esta vertente de pensamento, que coloca o material em destaque nas investigações de design, deu origem a abordagens e metodologias que começaram a ser utilizadas tanto no ensino acadêmico como por designers profissionais. Entre elas é possível destacar o método *Material Driven Design* (MDD) que propõe ferramentas facilitadoras, como toolkits para compreensão do material em quatro níveis de experiência: sensorial, interpretativo, afetivo e performativo (Karana et al., 2015). Outra abordagem pratica é a *Material thinkering*, que consiste em desenvolver sensibilidade sobre os materiais por meio da aprendizagem experimental (Parisi et al., 2017).

Como exemplo de aplicação destas abordagens é possível destacar os projetos de *Growing Design*, que correspondem ao desenvolvimento de materiais com organismos vivos ou cultivo de bactérias (Karana et al., 2018). No geral, projetos derivados destas metodologias abrangem a qualidade de *"Do it yourself Materials"* (Rognoli et al., 2016), ou seja, são materiais feitos individualmente ou coletivamente por designers ou pequenos studios, que utilizam geralmente recursos e materiais locais, técnicas e processos adaptados ou inventados por eles próprios. Estes podem ser materiais completamente novos, ou compósitos inspirados em outras áreas como

culinária, artes e ciências. De acordo com Rognoli et.al. (2016) esta vertente abre o diálogo entre os limites do design e caracteriza uma versão contemporânea do artesanato e uma nova configuração de economia criativa integrada com a indústria, pois o designer participa e interfere em todas as fases do projeto. Esta prática revela uma forma de design inovadora, pois coloca o desenvolvimento do material em primeiro plano, o que inverte a ordem do projeto. Os designers desenvolvem o lado sensorial e as características expressivas do material, assim como propõe possíveis aplicações. Após esta fase, com o auxílio da área de engenharia tornam os materiais completamente factíveis e funcionais (Parisi et al., 2017; Rognoli et al., 2016). Nas fig. 16 e 17 é possível visualizar materiais de fontes orgânicas aplicados no design de produtos.



Fig.16 - Sapatos feitos de couro de pirarucu, resíduo alimentar de pré-consumo (imagem de Osklen, n.d)



Fig.17 - APeel desenvolvido por Alkesh Parmar a partir de resíduos da indústria de suco de laranja, RCA, Reino Unido. Alkesh Parmar (imagem de Matand me,2011).

Como exemplo desta metodologia aplicada, o projeto '*Recipes for Material Activism*' de 2013, na fig.18 da designer Miriam Ribul, é uma publicação aberta que dissemina receitas e modelos de produção de bioplásticos e materiais que utilizam ingredientes não tóxicos e processos de tecnologia acessível. A intenção desde projeto é incentivar a produção local e colaborativa de materiais que possam substituir os polímeros convencionais a base de petróleo. A publicação foi exibida na exposição "*Design Beyond Making*" na Protein Gallery em Londres, e incentiva outros designers e o público em geral a desenvolver suas próprias receitas de materiais biodegradáveis de fontes naturais (Ribul, 2013). Outro exemplo é o projeto Materiom. O projeto consiste em uma biblioteca online de materiais com baixo impacto ambiental, desenvolvidos com recursos e materiais que fomentam o desenvolvimento local. Na biblioteca são encontradas receitas de materiais que auxiliam designers, artistas e produtores em geral a iniciar a desenvolver materiais no contexto caseiro com resíduos alimentares e aglutinantes biodegradáveis (Materiom.org).

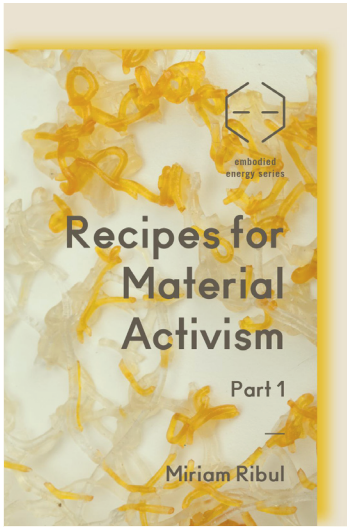


Fig.18 - 'Recipes for Material Activism' de 2013 da designer Miriam Ribul (imagem de Mirian Ribul, 2013)

Neste contexto é possível perceber que a disciplina do design está relacionada em algum nível com as áreas cientificas, engenharia, biológicas e químicas. Pois, ao desenvolver e explorar possibilidades com materiais compósitos a partir de materiais orgânicos ou derivados da manipulação com organismos vivos, é possível relacionar estas metodologias com os conceitos de **Biodesign e Biomimética**. Resumidamente estas áreas são definidas como o estudo e a inspiração na natureza para concepção de soluções para projetos. Estes conceitos, consistem em analisar sistemas naturais e reproduzir seus princípios de solução no processo de desenvolvimento de produtos, que resultam em criações de formas, funções ou comportamentos similares ao que ocorrem na natureza (Detanico et al, 2010).

De acordo com Soares (2018) que parte do conceito de Benyus, a Biomimética, representa uma nova introdução de pensamento, baseado não apenas no que é possível extrair da natureza, mas abrange também a



Fig.19 - The Gourd Project é um projeto de copos biodegradáveis, desenvolvidos com cabaças que crescem dentro do molde de PLA, impresso em 3D(imagem de Cremedesign, n.d).

qualidade do que é possível aprender com ela, ao promover uma interação coparticipativa entre o artificial, ou seja, aquilo que é produzido pelo homem, e o natural, o que ocorre na natureza.

Ainda de acordo com os autores, o objetivo da biomimética não é apenas copiar uma forma, processo ou ecossistema, mas sim utilizar dos princípios da biologia como base dos projetos. Na fig. 19 é possível visualizar copos que foram pensados a partir do princípio do crescimento de cabaças, os frutos são depositados nos moldes para crescerem de acordo com as dimensões estabelecidas. Desta forma, uma solução biomimética deve mostrar claramente o princípio funcional ou organizacional da biologia, ou seja, expor o conhecimento da natureza através do design (Benyus, 1997). Soares e Arruda (2018) observam que uma grande parte do conhecimento que a natureza pode ensinar tem sido negligenciada. Dentre as quais, é possível ressaltar como exemplo os mecanismos de eco eficiência, os organismos da natureza constroem com o mínimo de desperdício de materiais e energia possíveis. Segundo os autores. perceber a natureza com foco no que pode ser aprendido com os seus sistemas, em vez da comum ideia de exploração a qual a sociedade geralmente a tem associado, aumentam as possibilidades de surgirem soluções projetuais inovadoras.

Para Myers (2018), o *Biodesign* é uma abordagem que deve ir além do design inspirado na natureza, e é referente especificamente à incorporação de organismos vivos, ou ecossistemas como componentes essenciais, ou seja, o autor aborda que no *Biodesign* a prioridade é desenvolver projetos integrados com a natureza. Por consequência o resultado são processos biológicos menos tóxicos, e produtos mais compatíveis com o ambiente em que vivemos. No contexto no qual o design escolhe em trabalhar com materiais de fontes orgânicas processados com baixo impacto ambiental, faz com que os produtos produzidos tenham uma chance maior de serem compatíveis e não causem impacto ambiental negativo.

2.2 O CONTEXTO DOS RESÍDUOS

No processo de industrialização que teve início, no século XIX, foi difundido o pensamento de que os recursos da natureza eram infinitos, e que ela própria tinha grande capacidade de regeneração. Atualmente este modo de pensar está em transformação, já existe a consciência de que muitos sistemas da natureza são frágeis e os recursos são limitados, pois não são repostos pela natureza com a mesma velocidade em que são consumidos pelos humanos (Braungart, M., & McDonough, 2002, p.25). Porém, apesar de uma certa tomada de consciência, segundo Fry (2009, p.2), o que a humanidade tem feito até hoje é tratar o planeta simplesmente como um recurso infinito à sua disposição. O autor explica que o modo de habitação do mundo, desenvolvido como consequência do pensamento antropocêntrico, aliado à evolução tecnológica no processamento de materiais, crescimento populacional e uma economia baseada no consumo de produtos físicos, resultou em uma condição de insustentabilidade que compromete o futuro da humanidade, tanto a nível ambiental como social e econômico.

De acordo com Lobach (2001, p.29), durante a primeira Revolução Industrial a maior preocupação era transformar as matérias primas e fornecer meios produtivos com custos menores e rapidamente para atender a demanda da sociedade, conforme o aumento populacional ocorria. O autor refere que na sociedade industrial o objetivo principal era a elevação do crescimento econômico e do padrão de vida, ou seja, a satisfação das necessidades e aspirações das pessoas foram as motivações principais para a criação de novos objetos.

Como resultado, a primeira Revolução industrial trouxe um grande número positivo de mudanças, o que aumentou o nível da qualidade de vida de parte da população, e promoveu avanços tecnológicos em diversas áreas. Porém, este período se baseou no sistema de produção industrial linear (extração, transformação, utilização e descarte), aliada uma economia que dependia da venda de produtos físicos, desenvolvidos a partir do conceito de obsolescência programada, que consiste em projetar produtos com tempo de vida limitado, seja em questão de funcionalidade, ou em questão de estilo (Rossini & Naspolini Sanches, 2017). Neste contexto, a maioria dos produtos foram e ainda são depositados em aterros, o que resulta no desperdício de uma grande quantidade de energia e de recursos valiosos que ainda poderiam ser utilizados (Braungart, M., & McDonough, 2002).

Neste ponto, é importante ressaltar que a produção industrial e o consumo em excesso geram resíduos em volumes muito maiores do que a capacidade de absorção e reciclagem da natureza (Milan et al 2010). Consoni et.al (2002) classifica que os resíduos são os restos das atividades humanas, consideradas pelos produtores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis. Relativamente a quantidades, Portugal continental, atingiu 4,94 milhões de toneladas em 2018 (+ 4,2% face a 2017), o que corresponde a uma produção

diária de 1,38kg por habitante (Agência Portuguesa do Ambiente, 2019).

No contexto europeu, de acordo com o relatório da European Enviromental Bureau, a produção de resíduo aumenta a cada ano e é possível visualizar a quantidade de resíduos gerados em kg por habitante nos países da União Europeia pelo gráfico da fig.20, os valores são entre os anos de 2005 e 2018. Em números foi relatado que a EU produz 2,5 biliões de toneladas por ano, enquanto cada cidadão produz cerca de meia tonelada de resíduos por ano (European Environmental Bureau (EEB), 2020).

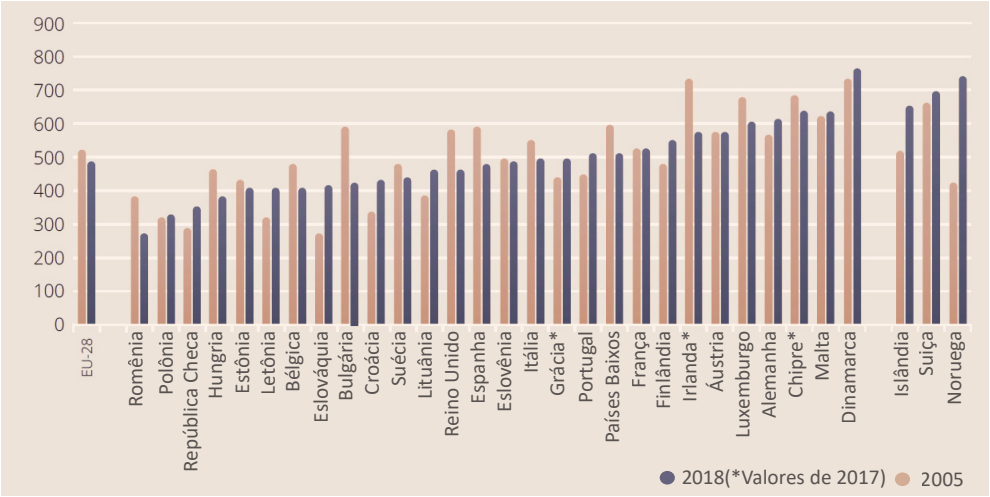


Fig 20 - Produção de resíduos urbanos na Europa entre 2005 e 2018 (kg por habitante) adaptado de (European Environmental Bureau (EEB), 2020).

Relativamente ao fim que os resíduos possuem, é possível verificar como é realizada a gestão dos resíduos sólidos. Esta atividade constitui no conjunto de ações de caráter técnico, administrativo e financeiro necessários à deposição, transporte, tratamento, valorização e eliminação dos resíduos, incluindo o planeamento e a fiscalização dessas operações para que o resíduo tenha a melhor finalidade possível, ambiental e social (APA, decreto-lei n.º 178/2006 de 5 de setembro, na redação dada pelo decreto-lei n.º 73/2011, de 17 de junho (diploma RGGR). O Planeamento e Gestão de Resíduos português engloba todas as tipologias de resíduos e as suas diversas origens, e prevê no seu enquadramento legislativo, como pode ser visto pela figura 21:

1 "Reforço da **prevenção** da produção de resíduos e fomentar a sua **reutilização e reciclagem.** Promover o pleno aproveitamento do novo **mercado organizado de resíduos**, como forma de consolidar a **valorização dos resíduos**, com vantagens para os agentes económicos, bem como estimular o aproveitamento de resíduos específicos com elevado potencial de valorização;"

2 **"Clarifica conceitos-chave** como as definições de resíduo, prevenção, reutilização, preparação para a reutilização, tratamento e reciclagem, e a **distinção entre os conceitos de valorização e eliminação de resíduos**, prevê-se a aprovação de programas de prevenção e estabelecem-se metas de preparação para reutilização, reciclagem e outras formas de valorização material de resíduos, a cumprir até 2020;"

3 **"Incentivo à reciclagem** que permita o cumprimento destas metas, e de preservação dos recursos naturais, prevista a utilização de pelo menos 5% de materiais reciclados em empreitadas de obras públicas;"

4 **"Definição de requisitos** para que substâncias ou objetos resultantes de um processo produtivo **possam ser considerados subprodutos e não resíduos;** "

5 "Critérios para que determinados resíduos deixem de ter o estatuto de resíduo; Introduzido o mecanismo da **responsabilidade alargada do produtor**, tendo em conta **o ciclo de vida dos produtos e materiais** e não apenas a fase de fim de vida, com as inerentes vantagens do ponto de vista da utilização eficiente dos recursos e do impacto ambiental."

Fig.21- Planejamento de gestão dos resíduos em Portugal em 2018 (Agência Portuguesa do Ambiente, n.d.)

De acordo com as tipologias dos resíduos gerados em Portugal, apresentadas pelo gráfico da fig. 22, é possível perceber que os **bio-resíduos** estão presentes como a maior quantidade de resíduo gerado em Portugal, seguidos por plástico, papel e têxtil. Além disso, de acordo com o gráfico da fig. 23, apesar da reciclagem e da valorização energética abranger grande porcentagem dos resíduos, é possível perceber que 57% deles ainda terminam depositados em aterros.

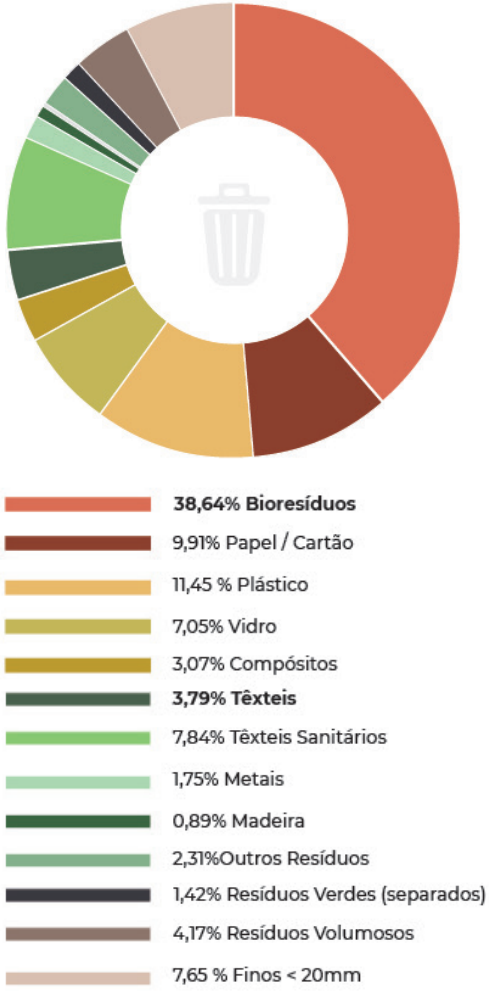


Fig.22 - Caracterização física dos resíduos produzidos, em 2018 em Portugal (adaptado de APA 2019b).

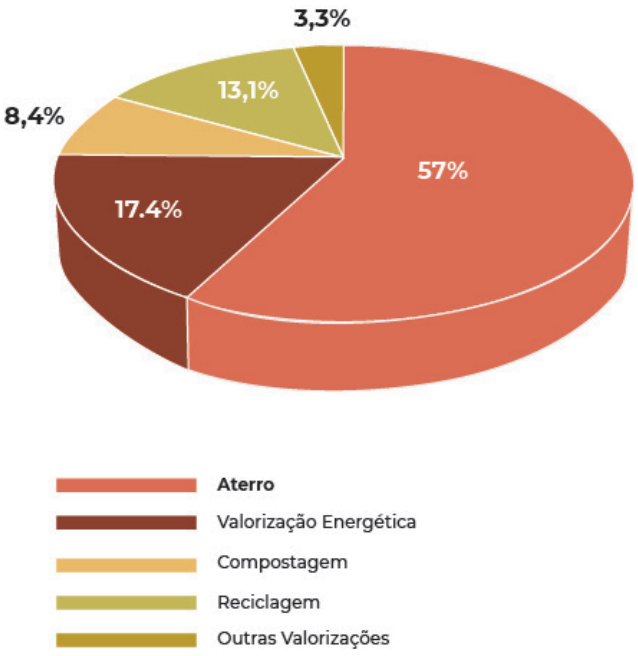


Fig.23 - Finalidade dos resíduos após coleta em 2018 em Portugal (adaptado de APA 2019b).

Ao ter em consideração o objetivo principal estipulado pela APA de extinguir o estatuto de resíduos, assim como pelo Pacto Ecólogico Europeu Pacto Ecológico Europeu publicado em 2019, que define adotar nos próximos cinco anos metas com o objetivo de construir uma economia neutra em carbono até 2050, e mais eficaz no uso de materiais, é evidente a necessidade de atenção sobre a problemática (Secretaria de Estado do Ambiente & Ministério do Ambiente e da Ação Climática, 2020).



Fig.24 - Prioridades do Plano de Ação para a Economia Circular apresentado em 2019 (adaptado de Secretaria de Estado do Ambiente & Ministério do Ambiente e da Ação Climática, 2020).

Na fig. 24 é possível visualizar as prioridades do novo Plano de Ação para a Economia Circular, apresentado em março de 2019. O foco está na biodiversidade e na neutralidade de carbono. O impacto na geração de resíduos afeta no alto nível de emissão de carbono e na perda de biodiversidade, pois está associado a exploração excessiva de recursos e posteriormente no descarte indevido destes produtos. Neste contexto, a prioridade do plano está em desenvolver modelos que permitam aumentar os ciclos de utilização dos produtos, assim como evitar, e futuramente eliminar a produção de resíduos. O objetivo principal do plano é que no futuro ocorra a evolução do setor gestor de resíduos para um setor de gestor de materiais, e que o estatuto de resíduos deixe de existir, o que implica uma série de inovações. Principalmente exige uma maior seleção de fluxos de materiais, com o intuito de facilitar sua reciclagem ou reutilização (Secretaria de Estado do Ambiente & Ministério do Ambiente e da Ação Climática, 2020).

Desta forma, é possível perceber que existe uma grande oportunidade para projetos que contribuam com estas metas e objetivos. Sendo assim, o design pode ser um instrumento de colaboração para criar produtos assim como redes e sistemas de fluxo de materiais que possam ser incluídos na economia circular de modo inovador.

2.2.1 Bio-resíduos

De acordo com o relatório do Parlamento Europeu (2010), os bio-resíduos são classificados como os resíduos orgânicos e biodegradáveis de jardins e parques, também são considerados os desperdícios alimentares de cozinha de habitações, restaurantes, retalhistas ou empresas transformadoras de alimentos. Relativamente a gestão e reciclagem destes resíduos, a deposição em aterro, apesar de ser a pior opção de acordo com a hierarquia dos desperdícios, ainda é o método mais utilizado na União Europeia (Parlamento Europeu, 2010). Outros métodos também são utilizados, com o propósito de garantir uma alternativa vantajosa e positiva para estes resíduos. Um dos motivos é que ao desviar os bio-resíduos dos aterros sanitários, é evitado que componentes causadores dos gases de efeito de estufa sejam emitidos. Dentre os novos métodos, uma delas é a implementação da recolha seletiva de resíduos orgânicos, o que impede que eles sejam contaminados com outros materiais, e deste modo possam ser encaminhados para reciclagem ou reaproveitamento com maior facilidade (Secretaria de Estado do Ambiente & Ministério do Ambiente e da Ação Climática, 2020).

Os bio-resíduos quando recolhidos de forma seletiva e encaminhados para tratamento e valorização, podem ser geridos para que seja aproveitado todo o seu potencial, tanto ambiental como econômico, além de existir a oportunidade de criação de novos produtos a partir destes materiais. O exemplo mais utilizado até o momento é o tratamento biológico, onde estes materiais são utilizados como matéria prima de qualidade para produção de fertilizantes. Neste contexto eles retornam ao solo como um produto que beneficia a agricultura, além de promover grande valor comercial e retorno financeiro para os países (Secretaria de Estado do Ambiente & Ministério do Ambiente e da Ação Climática, 2020).

No Relatório Anual de Resíduos Urbanos 2018, APA os bio-resíduos compõem, em média, 38,64% do nosso “lixo comum” em Portugal. Desta quantidade é relatado que cerca de 810 mil toneladas de resíduos urbanos foram sujeitas a tratamento biológico, porém 88% provem da recolha indiferenciada, enquanto a recolha seletiva é estimada apenas por 12%. De toda a quantidade de bio-resíduos recolhidos, apenas 51% foram efetivamente reciclados e valorizados. Relativamente a reciclagem e reutilização dos bio-resíduos, Portugal apesar de atingir uma taxa de 40% (que favorece as metas esperadas para o ano de 2020), os bio-resíduos recolhidos seletivamente contribuíram com menos de 3% desta porcentagem. O país tem feito esforços para aumentar as infraestruturas de recolha seletiva, como ecopontos e ecocentros, porém estes esforços ainda não apresentaram resultados significativos (Secretaria de Estado do Ambiente & Ministério do Ambiente e da Ação Climática, 2020).

O país estipulou metas e medidas necessárias para assegurar que os bio-resíduos sejam objetos de valorização, como aproveitar os bio-resíduos produzidos localmente, a partir de soluções complementares de valorização local, em que a prioridade seja a reciclagem de resíduos de cozinha, restaurantes, pequenos comércios, indústrias e agricultura local. No contexto urbano e doméstico, os cidadãos são parte fundamental para este objetivo. É necessário que haja uma conscientização dos cidadãos sobre este período de transição, assim como a importância do seu papel. Também é necessário que sejam adotadas medidas de prevenção de desperdício alimentar, pois grande parte destes resíduos podem ser evitados a partir da reeducação do consumo dos alimentos. Assim, é possível adotar meios de auxílio na aprendizagem para a reciclagem feita em casa, como compostagem doméstica ou comunitária. Por último, a conscientização sobre o modo correto de descarte ou destino deste tipo de resíduo no âmbito de maiores quantidades, é de extrema importância (Secretaria de Estado do Ambiente & Ministério do Ambiente e da Ação Climática, 2020).

No contexto da agricultura industrial, os principais resíduos do processamento de grãos, frutas e hortaliças são o bagaço, as tortas, refugo, cascas, palhas, sementes e as folhas. Além da reciclagem para a produção de fertilizantes e compostagem, os resíduos agrícolas possuem grande valor em nível de composição de nutrientes, e podem ser a matéria prima para outros produtos industriais. Como exemplo, na cultura da laranja, graças as características físico-químicas das sementes, ricas em ácidos graxos, é possível produzir óleos comestíveis para aplicações alimentares (Gomes Viana & Silva Cruz, 2016). Pesquisas revelam que as cascas dos frutos cítricos como laranja e o limão possuem componentes antimicrobianos, antioxidantes e anti-inflamatórios, e que podem ser utilizados para fins farmacológicos ou farmacêuticos (Saleem & Saeed, 2020).

Os setores agroalimentares produzem milhões de toneladas de resíduos potencialmente úteis para o reaproveitamento. Na fig. 25 é possível verificar as finalidades destes resíduos. Além disso, é necessário levar em consideração todo o custo ambiental e os recursos dispendidos durante o processo de plantio, como a água ou o solo. O que faz com que seja importante impedir que estes materiais sejam desperdiçados prematuramente, quando ainda poderiam ter um ciclo de vida prolongado (Cecchini, 2017). Pesquisas revelam que inclusive os resíduos agroindustriais poderiam ser subprodutos de ingredientes para a própria indústria alimentar, em forma de pó ou extrato que podem ser utilizados para fortificar propriedades nutricionais e tecnológicas de cereais, peixes, laticínios entre outros (Dilucia et al., 2020).

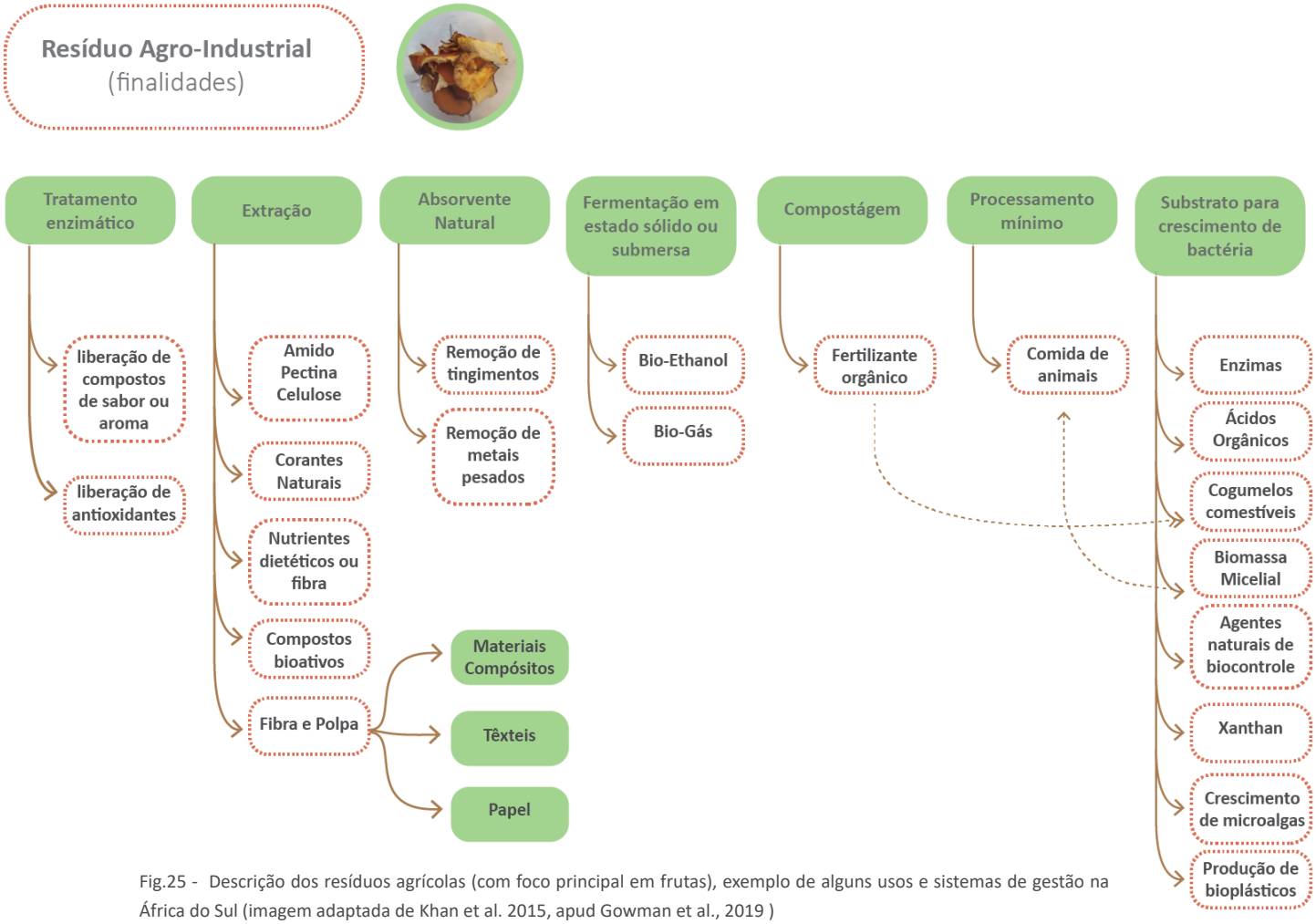


Fig.25 - Descrição dos resíduos agrícolas (com foco principal em frutas), exemplo de alguns usos e sistemas de gestão na África do Sul (imagem adaptada de Khan et al. 2015, apud Gowman et al., 2019)

Relativamente à união entre a indústria e o setor agroalimentar, é possível visualizar hipóteses de sinergias positivas, nas quais novos cenários de cooperação podem surgir. De acordo com Cecchini (2017), seria possível o desenvolvimento de cadeias produtivas com pequenas instalações próximas as fábricas processadoras de alimentos, nos quais as etapas produtivas geram grandes quantidades de materiais residuais, como as fábricas de polpa de tomate, suco de frutas, vinho, entre outras.

Na tabela 1, é possível verificar os tipos de biopolímeros que podem ser extraídos dos diversos tipos de bio-resíduos, por serem os componentes base para produção de bioplásticos para diversas aplicações (Acquavia et al., 2021).

Bioplástico	Tipo	Resíduos
Celulose	Polissacarídeo	Cascas de banana, resíduos de cenouras, resíduos de couve-flor, cascas de vagens de cacau, cascas de laranja, caules de salsa, resíduos de radicchio, cascas de arroz, caules de espinafre, resíduos de folhas de chá.
Amido	Polissacarídeo	Cascas de banana, cascas de mandioca e cascas de batata
Pectina	Polissacarídeo	Bagaço de maçã, cascas de banana, resíduos cítricos, cascas de laranja
Cutin	Poliéster de ácidos graxos hidroxilados	Resíduo do tomate

Tabela 1 - Principais biopolímeros extraídos de frutas e resíduos vegetais para a produção de bioplásticos (adaptado de Acquavia et al., 2021).

Na fig. 26 é possível visualizar três finalidades para os resíduos de frutas e vegetais.

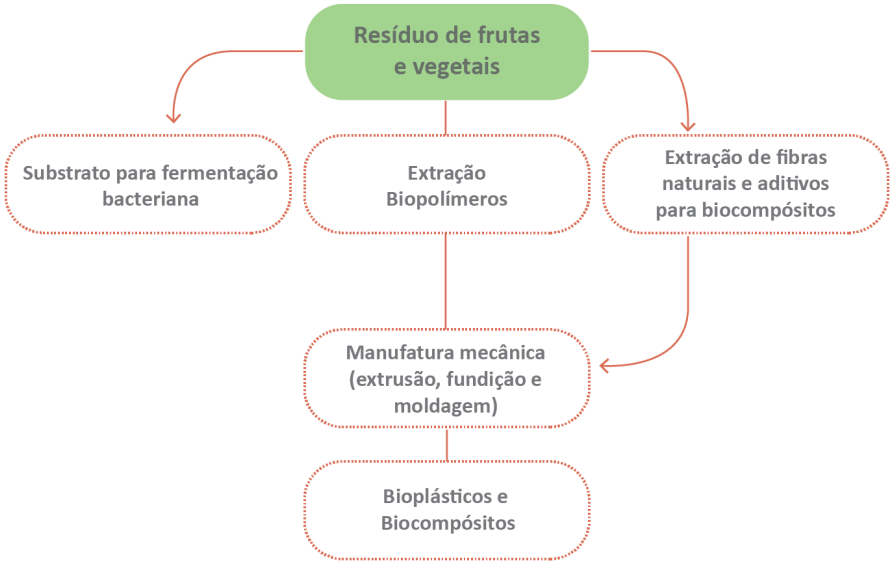


Fig. 26 - "A conversão de resíduos alimentares em bioplásticos pode ocorrer por meio da extração de biopolímeros e sua fabricação mecânica (extrusão, moldagem ou combinação deles). Em processos mais complexos, os resíduos alimentares são utilizados como substrato para a fermentação bacteriana na produção de biopolímeros ou como matéria-prima para a extração de outros componentes naturais, como as fibras, que atuam como agentes reforçadores e ou preenchedores naturais de biocompósitos" (Acquavia et al., 2021).

Assim, de acordo com Cecchini (2017), relativamente a área do design, é possível extrair componentes e desenvolver materiais provenientes destes resíduos. A grande diversidade de matérias primas que podem ser obtidas para aplicação em materiais, incentivou a pesquisa em diversos níveis de investimento, tanto de multinacionais, quanto por pequenas startups, universidades, ou de forma experimental por designers e engenheiros de materiais, que se ocupam de utilizar estes resíduos de modo inovador no desenvolvimento de materiais ou produtos (Cecchini, 2017).

Neste contexto, o design pode encontrar oportunidades ao questionar e repensar os modelos produtivos, relativamente a distribuição e reciclagem dos ciclos dos alimentos. Principalmente no que diz respeito a problemática do desperdício alimentar, através do design é possível conscientizar e inspirar a comunidade a mudar seu comportamento de consumo e desperdício. A economia circular dos alimentos deve ser entendida como um sistema natural de regeneração, em que os resíduos automaticamente devem ser encarados como recursos. Para isso é necessário envolver a comunidade, mas também promover uma abordagem inclusiva e de conexão de todas as disciplinas que interagem no ambiente urbano, para reduzir e futuramente eliminar o desperdício alimentar e a produção de bio-resíduos (Gausa et al., 2020).

De acordo com o projeto da UE, Creative Food Cycles (CFC), as novas diretrizes para o desenvolvimento sustentável abordam a necessidade de adaptar e criar modelos de planejamento, que por consequência mudariam as paisagens dos centros urbanos, desde a concessão dos espaços públicos aos privados. A partir das diretrizes e dos objetivos do desenvolvimento sustentável, local e global. É necessário reformular os sistemas e as conexões dos centros urbanos com o propósito de que a circularidade e o fluxo entre recursos e materiais sejam mais eficientes, assim como a relação entre os produtores e os cidadãos ocorram com maior facilidade e proximidade, ou seja, priorizar a construção de cidades inteligentes e mais resilientes (Gausa et al., 2020).

Como exemplo, o projeto Nan Mushroom da fig. 27, desenvolvido na cidade de Lisboa estabelece uma relação inovadora ao transformar os bioresíduos de borras de café em matéria prima e substrato para o cultivo de cogumelos. Neste contexto, o projeto desenvolve um sistema de circularidade de fornecimento e consumo, ao comercializar cogumelos aos restaurantes locais que forneceram as borras de café para o seu cultivo.



Fig.27 - Projeto Nam mushroom, em Lisboa, utiliza as borras de café dos comerciantes locais em Lisboa para produzir cogumelos e depois revender aos restaurantes locais, exemplo de economia circular (imagem de Nam Mushroom, n.d)

2.2.2 Biopolímeros e Biocompósitos

O contexto ambiental atual relacionado com a alta percentagem de materiais descartados, unidos à profusão e indevida utilização de polímeros provenientes de fontes não renováveis, evidencia a necessidade e urgência em desenvolver pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de opções de materiais com características menos nocivas, entre estas opções é possível ressaltar os biopolímeros.

Os **biopolímeros** são aqueles produzidos a partir de fontes renováveis, provenientes da agricultura. Estes materiais ao compará-los com os polímeros de fontes fósseis, possuem um ciclo de vida mais curto e maior facilidade de regeneração (G. F. Brito*, P. Agrawal, E. M. Araújo, 2009). Além disso, os polímeros de fontes naturais, possuem processos de extração e biodegradação menos nocivos ambientalmente. Por este motivo, projetos de design propostos com a utilização de biopolímeros são uma boa alternativa para os objetos quotidianos (Cecchini, 2017).

Apesar dos avanços em pesquisas de biopolímeros provenientes de fontes naturais, ter como o objetivo a conservação de recursos fósseis, além de fornecer opções menos nocivas ambientalmente que os polímeros tradicionais, atualmente a maioria dos biopolímeros são provenientes de matérias agrícolas, e por este motivo não condizem perfeitamente com os objetivos de desenvolvimento sustentável. O motivo surge pela grande competição gerada por terras cultiváveis e água necessárias para a produção dos biopolímeros, os mesmos recursos que são necessários para o plantio de alimentos. Por este motivo, a utilização dos bio-resíduos agrícolas como matéria-prima para a produção de biopolímeros, é considerada uma grande oportunidade no campo da química verde, pois apresenta uma alternativa que pode vir a diminuir a contradição na área, pois neste cenário, a matéria prima para produção dos bio-resíduos provêm da reutilização e reciclagem de resíduos (Acquavia et al., 2021).

Uma outra opção para a valorização dos bio-resíduos provem da sua utilização em conjunto com um material de matriz polimérica para o desenvolvimento de **biocompósitos**. Os bio-resíduos possuem a característica de serem materiais resultantes de recursos biológicos e ao serem incorporados em matrizes de fontes naturais e renováveis, como é o caso dos biopolímeros derivados de fontes orgânicas, podem ser classificados como biocompósitos (Gowman et al., 2019). Normalmente o objetivo principal de estudos deste tipo consistem em tentar diminuir a quantidade de polímero necessária em compostos, ao incluir um material residual de baixo custo, além de incorporar outras características ao novo material composto (Gowman et al., 2019). Neste contexto, diferentes combinações de resíduos provenientes do consumo de frutas podem gerar características e propriedades especificas, entre elas, podem alterar a resistência, a tenacidade, estabilidade térmica,

entre outros (Gowman et al., 2019).

Atualmente existem muitas pesquisas sobre materiais compósitos (materiais constituintes por uma matriz , cerâmica, polimérica ou metálica, e por um aditivo, normalmente fibras ou partículas) de matrizes biopoliméricas com aditivos de fibras naturais (Le Duigou et al., 2020), porém os estudos e pesquisas que abordam a incorporação de resíduos alimentares em biocompósitos ainda são limitadas, quando comparados com os estudos sobre aditivos de fibras. Relativamente a reciclagem de bio-resíduos, a maioria das pesquisas estão relacionadas a produção de energia a partir da **biomassa** (toda matéria orgânica de origem vegetal ou natural utilizada para produção de energia) proveniente destes resíduos. Apesar disso, estudos recentes demonstram que é possível promover a valorização dos bio-resíduos de cascas de frutas por meio de biocompósitos, por apresentar uma grande oportunidade de pesquisas e para a indústria, pois além de ser um modo inovador de finalidade para este tipo de resíduos, colaboram no desenvolvimento de novos materiais provenientes de resíduos (Gowman et al., 2019).

Como exemplo, os biocompósitos com aditivos provenientes de bio-resíduos, são bastante pesquisados para aplicações em embalagens de alimentos, no caso dos produtos perecíveis alguns aditivos possuem propriedades antioxidantes e antimicrobianas, o que poderiam prolongar a validade de certos alimentos (Dilucia et al., 2020). Outro exemplo consiste na produção de biofilamentos com bio-resíduos para impressão 3D, entre eles resíduos em pó de casca de cacau, provenientes da indústria do chocolate (Tran et al., 2017), resíduos de cacas de conchas de mexilhão e ostras, resíduos de plantação de trigo e borras de café produzidos pela empresa FrancoFill, que resultam em materiais com texturas e cores provenientes de fontes naturais sem necessidade de corantes sintéticos (Francofill,n.d).

Relativamente a definição dos termos **biodegradabilidade** de acordo com Gowman et al. (2019), é possível dizer que estas características correspondem à capacidade que os materiais têm de ser degradados em substâncias benignas, quando em condições e padrões favoráveis. Estas condições variam de acordo com o ambiente, o tamanho do objeto, a sua composição e espessura. Os polímeros que possuem esta característica causam menos impacto ambiental em comparação com polímeros não biodegradáveis, e contribuem mais facilmente para a economia circular, pois são alternativas que podem minimizar os impactos no momento do seu descarte, além de poder contribuir na concepção de produtos ecologicamente corretos.

Outra característica importante é a característica dos materiais serem **compostáveis**, esta característica está relacionada com a capacidade

dos materiais se transformarem em nutrientes benéficos ao solo durante seu processo de biodegradação.

Porém para que esta características sejam positivas, é necessário que os biopolímeros biodegradáveis e compostáveis sejam descartados e e compostados de acordo com condições que facilitem a degradação destes materiais, ou seja a reciclagem e o destino destes materiais, devem ser controlados de modo eficiente, sem que haja contaminação com outros polímeros. Caso contrário, é provável que ocorra os mesmos problemas ambientais relacionados ao descarte indevido, que existem atualmente com os polímeros convencionais. Por este motivo, os biopolímeros devem ser avaliados de acordo com os ciclos de vida dos produtos (LCAs), para então justificar a sua aplicação nos diversos contextos (Acquavia et al., 2021). Na fig.28 é possível visualizar alguns tipos de biopolímeros, as origens e as características de biodegradabilidade de cada um.

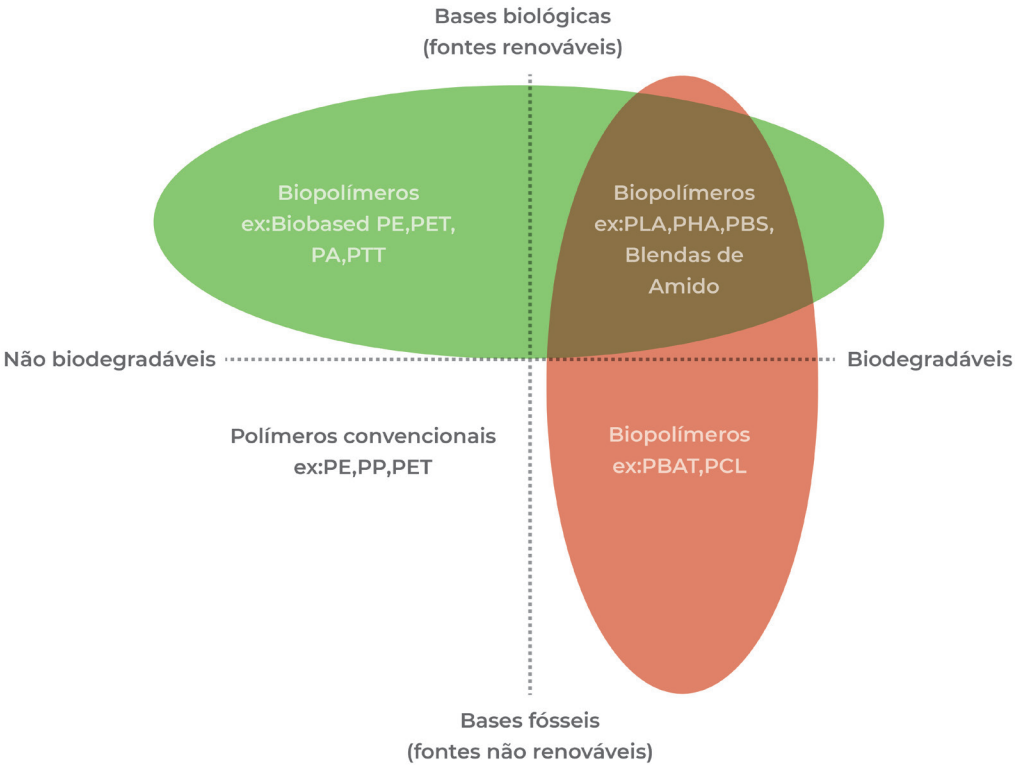


Fig.28 - Classificações dos Bioplásticos de acordo com a caracteristica de biodegradabilidade (imagem de European Bioplastics).

Ainda sobre as caracteristicas de biodegradação e compostabilidade, estudos indicam que aditivos de fontes orgânicas e naturais, quando adicionados em biocompósitos colaboram para aumentar a taxa de biodegradabilidade dos biopolímeros. Ensaios com blendas de PLA com biomassa de algas (Kalita, et al, 2021) e biocompósitos de PLA com pó de café (Silva, et al., 2020) comprovam que os aditivos de fontes orgânicas por serem hidrófilos, contribuem na absorção de água e facilitam o processo dos microrganismos necessários para a biodegradação.

Relativamente a reciclagem de materiais compósitos, no geral o ideal é combinar os resíduos de frutas com polímeros biodegradáveis, por existir a alternativa de compostagem industrial para estes compósitos (Gowman et al., 2019). Apesar da pesquisa e desenvolvimento de materiais poliméricos mais ecológicos e sustentáveis, é necessário que haja uma conscientização geral da sociedade sobre como deve ser realizado o consumo e o correto descarte dos objetos feitos com materiais poliméricos, sejam eles biodegradáveis de fontes naturais ou não.

2.2.3 Frutos cítricos

A família das frutas cítricas é constituída pelos frutos: laranja, limões, tangerinas, entre outros. Tanto o limão quanto a laranja são utilizados para produzir sucos, geleias, doces, cosméticos e na fabricação de corantes, porém, a casca destes frutos tem menos aplicações industriais e opções de reciclagem (Sachidhanandham, 2020). De acordo com o relatório do departamento de agricultura dos Estados Unidos, a quantidade global de produção de laranja para o ano de 2020 e 2021 deve aumentar cerca de 3,6 milhões de toneladas métricas em relação ao ano passado, e provavelmente deve atingir cerca de 49,9 milhões de toneladas (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, 2021). O que por consequência, constituí a probabilidade de um aumento também na quantidade de resíduos provenientes do consumo da laranja. Relativamente a localização, as maiores safras são encontradas em países com clima tropical e subtropicais, como a China, o Brasil e os Estados Unidos (Cypriano et al., 2017).

O Brasil é considerado o maior produtor e consumidor de laranja, relativamente a exportação representa ¾ das exportações globais em suco (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, 2021). Especificamente, no contexto português, a laranja também tem grande importância no setor da agricultura, a maior quantidade de plantio desta fruta no continente é encontrada no Algarve, a seguir pelo Alentejo (Agronegocios, 2016).

No processamento de suco de laranja (fig.29), a quantidade de 50% da fruta torna-se resíduo, que é chamado de bagaço. Este bagaço é constituído pela casca, semente e polpa da fruta (fig. 30) (Cypriano et al., 2017).

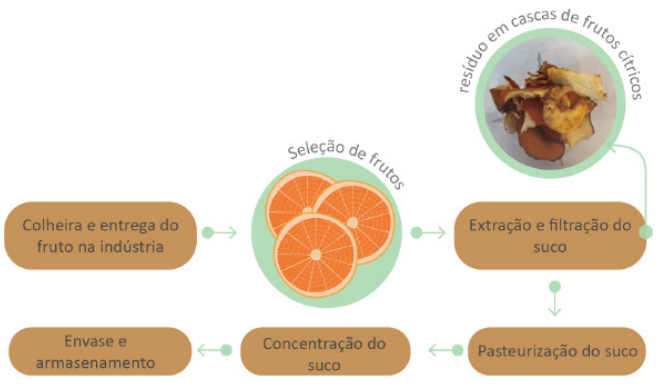


Fig. 29: Esquema do processo de fabricação de sucos de laranja e bioresíduos provenientes do processo (adaptado de Cypriano et al., 2017)

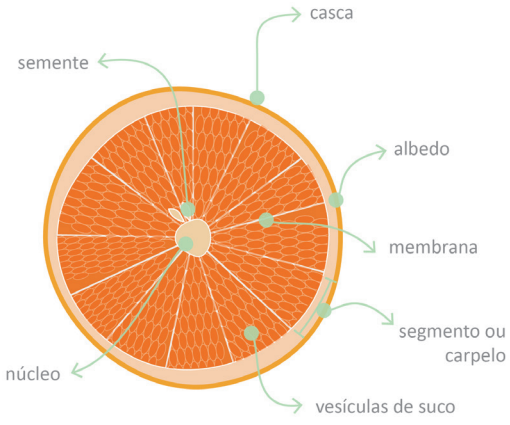


Fig. 30: Corte equatorial da laranja, onde é possível verificar as partes deste fruto (adaptado de Tozatti, 2013)

No gráfico da fig. 31, é possível perceber os componentes químicos presentes no bagaço da laranja, que podem ser extraídos e aproveitados como matéria prima para outras indústrias.

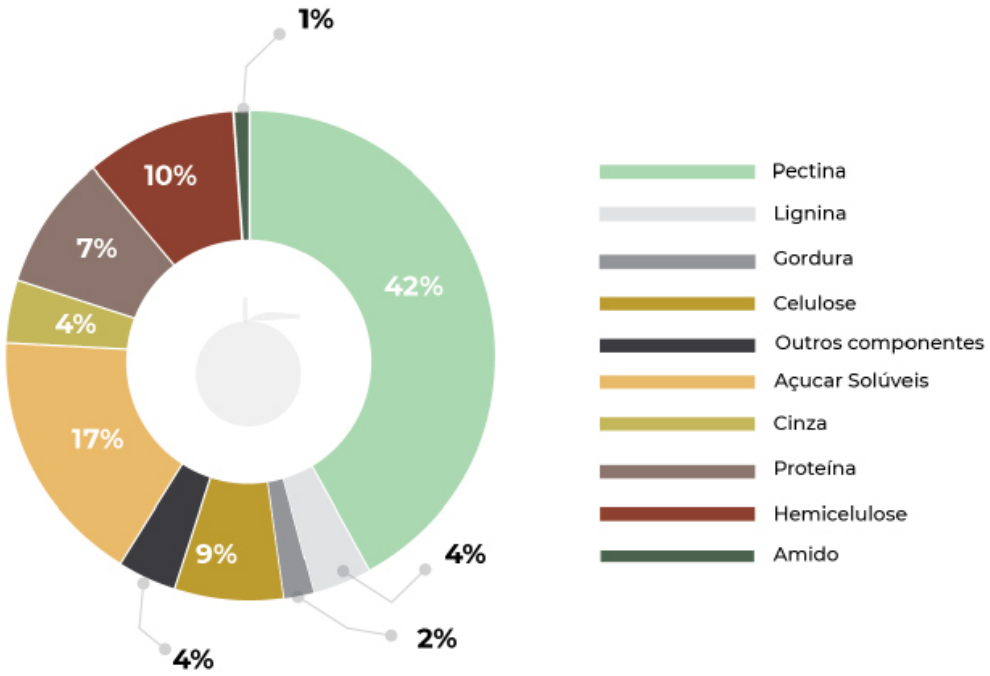


Fig. 31: Composição química da laranja (adaptado de Cypriano et al., 2017)

Entre estes componentes é possível ressaltar a presença da celulose, um biopolímero muito presente na natureza, que tem a função de agregar resistência mecânica aos caules dos vegetais e plantas (Cypriano et al., 2017). A partir de tratamentos químicos é possível extrair a celulose das plantas, com o intuito de produzir fibras a partir de processamentos mecânicos para serem utilizados em materiais de alto desempenho (Cypriano et al., 2017). Como exemplo desta aplicação, é possível destacar a ***start up*** Orange Fiber, fig. 32 que surgiu a partir de um projeto universitário de Adriana Santanocito. A fundadora do projeto, percebeu que 7.00.000 toneladas de resíduos de cascas de frutos cítricos são depositadas em aterro a cada ano, sem alternativa de reciclagem. A partir disso, o projeto consistiu em extrair a celulose destes resíduos para então convertê-la em fibras, para serem tecidas (Sachidhanandham, 2020). A partir destas informações é possível considerar que o consumo deste fruto no contexto industrial, possuí alto potencial de geração de resíduos provenientes da fabricação de sumos e outros alimentos. Porém, estes resíduos possuem componentes importantes, e podem ser uma boa opção para aplicações em novos materiais e produtos.



Fig. 32: Fios do projeto Orange Fiber, desenvolvidos a partir de resíduos de cascas de laranja (Medium, n.d)

2.3 PESQUISA DE MERCADO – DESIGN COM BIO-RESÍDUOS

A pesquisa de mercado consiste em listar projetos de design que abordam as temáticas da investigação, ou seja, projetos que foram desenvolvidos a partir de bio-resíduos, ou projetos que surgiram a partir da investigação com materiais inovadores de fontes orgânicas e biodegradáveis. A intenção é notar as similaridades entre os projetos e perceber como estes tipos de materiais são trabalhados no contexto do design de produto.

A pesquisa está dividida em duas partes, a primeira foca apenas em projetos desenvolvidos com bio-resíduos, e a segunda abrange a pesquisa para materiais inovadores desenvolvidos em parceria de modo integrado ou inspirados nos mecanismos e modos produtivos da natureza.

2.3.1 Design com Resíduos Alimentares

AGRICOLA, 2013, HOLANDA | Resíduo de agricultura

Agricola (fig. 33 e 34) é uma coleção de produtos desenvolvidos pelo estúdio Gionata Gatto, baseados na reutilização de recursos locais disponíveis. Os produtos são feitos a partir de resíduos provenientes da produção e consumo de frutas, vegetais e cereais. Combinados com aglutinantes, resinas e corantes naturais, como Latex e Dammar Gum e Açafrão, resultou no desenvolvimento de materiais moldáveis que pela sua característica de biodegradabilidade, após seu período de utilização não apresenta grande risco ao ambiente. A aparência e coloração do produto depende das plantações sazonais, o que relaciona o produto com os calendários de plantio de cada estação. Cada produto faz referência a proveniência do material específico, e informa o que é, quando foi coletado e quem o produziu (Gionata Gatto, n.d).



Fig.33 - Agricola (imagem de Gionata Gatto, 2013, fonte: www.gionatagatto.com/Agricola_Design.html).



Fig.34 - Agricola (imagem de Gionata Gatto, 2013, fonte: www.gionatagatto.com/Agricola_Design.html).

O-TRASH² BAGS COLLECTION, 2020, BARCELONA | Resíduo desperdício alimentar

A designer Clara Davis, desenvolveu uma bolsa (fig. 35) a partir de um material de resíduos de desperdício alimentar e aglutinante de tapioca, que são 100% biodegradáveis e compostáveis, pois demoram em torno de dez semanas para se decompor na natureza. O objetivo do projeto era demonstrar o valor e potencial dos materiais que são descartados todos os dias, e incentivar a reutilização destes resíduos como matéria prima, para fechar o ciclo de vida dos materiais (Clara Davis,n.d).



Fig.35 - Projeto O-Trash (imagem de Clara Davis, fonte: clara-davis.com/albums/o-trash-bags-collection/)

LEIX LAMP, UPORTO, 2020 PORTUGAL | Resíduo cascas de ovo

Como exemplo em Portugal, temos o candeeiro (fig. 36) que foi desenvolvido como parte da dissertação de Mestrado em Design Industrial e de Produto da designer Rita Leite na Universidade do Porto. A designer utilizou o resíduo alimentar em cascas de ovo como ponto de partida em sua pesquisa, e pelo método *Material Driven Design* explorou possíveis experiencias e aplicações deste resíduo como matéria prima. O resultado da pesquisa foi um material compósito, proveniente das cascas de ovo com o biopolímero PLA (Leite 2020).

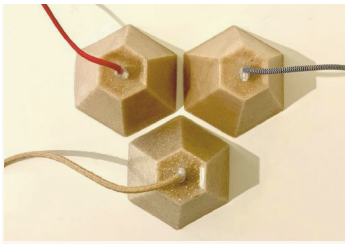


Fig.36 - Lexi Lamp (imagem de Leite, 2020)

BIBOL, 2006 FRANÇA E VIETNAN | Resíduo cascas de ovo

Outro exemplo da reutilização de cascas de ovos, mas agora no contexto de mercado, são as peças em bambu (fig. 37) trabalhado com descarte de cascas de ovo como matéria prima para seus produtos, esta técnica sempre foi uma tradição artesanal vietnamita. A cooperativa Bibol combina tradição e desenvolvimento duradouro, comércio justo e crescimento econômico para os artesãos, e colabora para a difusão da arte dos artesãos em outros países (Bibol, n.d).



Fig.37- Kham (imagem de Bibol, fonte: www.bibol.fr/en/231-tchon-eggshell-S-small-salad-bowl-bamboo-3701161802126.html)



Fig.38 - Embalagens e objetos desenvolvidos com o material da Shellworks (imagem de ShellWorks, 2021 fonte: artsfoundation.co.uk/directory/the-shellworks/)



Fig.39-Equipamentos desenvolvidos pelos designers do projeto ShellWorks (imagem de ShellWorks,2021 fonte: artsfoundation.co.uk/directory/the-shellworks/)



Fig.40- Couro de manga, proveniente de desperdício alimentar (imagem de Material District 2015, fonte: materialdistrict.com/material/rotterdam-fruitleather/).



Fig.41 - Detalhe de couro de manga (imagem de Material District,2015 fonte: materialdistrict.com/material/rotterdam-fruitleather/).

SHELL WORKS, 2017 ATÉ 2019 l Resíduo cascas de mariscos

O projeto Shellworks (fig. 38 e 39) começou com o objetivo de pensar em uma alternativa para os plásticos convencionais derivados do petróleo. Os alunos da Royal College of Art propuseram desenvolver um biopolímero biodegradável, a partir dos resíduos das cascas de mariscos, de onde se pode extrair a quitina, um componente importante no desenvolvimento de biopolímeros. A quitina é o segundo maior polímero encontrado na natureza. A shellworks, aproveita dos 6 a 8 milhões de toneladas de resíduos de crustáceos produzidos a cada ano para desenvolver este material. O interessante do projeto foi que os alunos desenvolveram por si só as máquinas necessárias para a produção dos objetos a partir das peculiaridades que foram percebidas durante as experiencias de desenvolvimento do material como é visto na figura 39 (Arts Foundation, 2021).

ROTTERDAM FRUITLEATHER, 2015 ATÉ 2020 l Resíduo de mangas

O projeto surgiu a partir de uma pesquisa de um grupo de alunos do Willem de Kooning Academie na Holanda. Os alunos notaram que cerca de 3.500 quilos de frutas e vegetais eram descartados todas as terças e sábados nos mercados de fruta de Roterdão, resultando em uma quantidade imensa de desperdício alimentar. O projeto partiu do princípio de conscientizar a população sobre esses alimentos que são desperdiçados e encontrar uma solução para que estes resíduos deixem de existir. O modo que o grupo encontrou, foi o de desenvolver um material utilizando as frutas descartadas (fig.40 e 41). A equipe analisou diversas técnicas utilizadas na culinária, como amassar, cozinhar e desidratar as frutas para desenvolver doces e alimentos, e aplicaram o mesmo princípio no desenvolvimento do material. O resultado foi um material similar ao da pele animal. Como primeiro protótipo os alunos criaram uma bolsa totalmente feita de material derivado das frutas. Em seguida, o projeto foi continuado em parceria com uma empresa de tecnologia o que proporcionou uma melhoria na qualidade das propriedades técnicas deste material e uma ampla gama de produtos que podem ser utilizados industrialmente (Material District, 2015).

KUORI: UPCYCLING OF BANANA PEEL, 2020 l Resíduo de banana

O projeto Kuori, também surgiu no contexto acadêmico, o conceito principal, foi o reaproveitamento das cascas de banana. A ideia surgiu do princípio de que grande parte da banana, no caso as cascas, não são consumidas e são descartadas como resíduos. Por ser um alimento importado na Suiça, país em que o projeto foi concebido, demanda altos gastos com energia durante o seu transporte e

deslocamento. O objetivo foi incluir os resíduos deste alimento na economia circular, com o princípio de utilizar o máximo possível do produto. O projeto desenvolveu vários modos de utilização do resíduo, de diferentes formas de produção, entre elas o desenvolvimento de um filamento compósito de cascas de banana e PLA para impressão 3D (fig. 42 e 43) (Future Materials Bank,2020).



Fig.42 - Imagem de filamento produzido a partir de cascas de banana e PLA (imagem de Future Materials bank, 2020, fonte: www.futurematerialsbank.com/material/banana-peel/).



Fig.43 - Material impresso de Kuori (imagem de Future Materials bank).

SEA JEWELRY, UPORTO, 2019 PORTUGAL | Resíduo de escamas de peixe

Um exemplo em Portugal, também desenvolvido no contexto acadêmico do curso em Mestrado em Design Industrial e de Produto, da Universidade do Porto foi o projeto Sea Jewelry (fig. 44), que utilizou escamas de peixes para desenvolvimento e exploração de um novo material. Foram desenvolvidos testes de manipulação do material como prensagem térmica, sem adição de resinas, a partir das propriedades aglomerantes naturais presentes nas escamas de peixe, com o intuito de resultar em um material mais sustentável possível. Em uma segunda versão foram utilizadas peças de vidro descartadas e fundidas com as escamas para garantir maior resistência ao material (Oliveira et al. 2019).



Fig.44 - Sea Jewelry (imagem de (Oliveira et al. 2019).

FROM PEEL TO PEEL, 2017 ITÁLIA | Resíduo de cascas de fruta

Ainda no contexto acadêmico na Faculdade de Design e Artes da Universidade de Bolzano, a designer Emma Sicher realizou o projeto From Peel to Peel (fig. 45 e 46). O objetivo do projeto foi trabalhar com celulose bacteriana, cultivada com resíduos alimentares, como cascas de frutas. A celulose bacterina é uma opção mais sustentável em relação a celulose vegetal, cuja extração normalmente necessita de componentes químicos. A celulose bacteriana é um biopolimero sintetizado pelo processo fermentativo de bactérias, e tem atraído pesquisadores por apresentar propriedades únicas, como elevada resistência mecânica, biocompatibilidade, capacidade de absorção de água, e capacidade de ser moldada durante seu processo de síntese (Duarte et al., 2019). No projeto, a aluna utilizou a celulose bacteriana como uma das matérias primas para o desenvolvimento do material, e desenvolveu embalagens biodegradáveis para alimentos. O projeto foi inspirado no princípio de Munari (1963), que constata que a natureza é o melhor produtor de embalagens sustentáveis, no entanto, as soluções de embalagens de alimentos normalmente tem pouca ou nenhuma relação com os produtos que carregam e são contraditórias, pois os alimentos são efêmeros, enquanto que as suas embalagens resistem por muito tempo (Cohen et al., 2019).



Fig.45 - Embalagem de chá feita com resíduo alimentar de frutae celulose bacteriana (Sicher 2017).



Fig.46 - Teste de materiais de do projeto From Peel to peel (imagem de Sicher 2017).



Fig.47- Produtos Malai (imagem de Malai n.d. fonte: malai.eco)



Fig.48 - Materiais com variação de cor Malai (imagem de Malai n.d.)

MALAI, 2018, INDIA l Resíduo da plantação de coco

Sobre a utilização e celulose bacteriana no contexto de mercado, a empresa Malai é especializada no desenvolvimento de materiais com base biológica. Seu foco de interesse está no ciclo de vida do coqueiro, e como resgatar os resíduos de várias fases do processo produtivo de seu fruto no desenvolvimento de produtos. A empresa trabalha com produtores locais, no sul da Índia, que fornecem água de coco residual, o recurso principal para o cultivo e fermentação da celulose bacteriana. O material composto da Malai, é reforçado com fibras de coco, o que garante maleabilidade e maior resistência ao biopolímero (fig. 47 e 48) (Malai,n.d.).

2.3.2 Biodesign - Design e Natureza

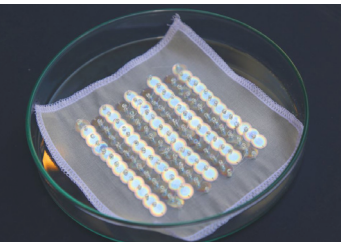


Fig.49 - Lantejoula de celulose de madeira Elisa Brunato (imagem de Arts Foundation, 2021. fonte: artsfoundation.co.uk/directory/elissa-brunato/)

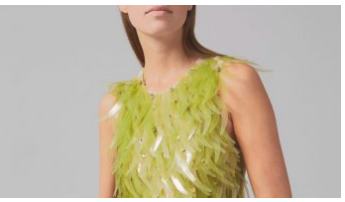


Fig.50- Vestido de Algas Imagem de Philip Lim, n.d fonte: www.dezeen.com/2021/02/22/charlotte-mccurdy-phillip-lim-algae-sequin-dress-onexone/)

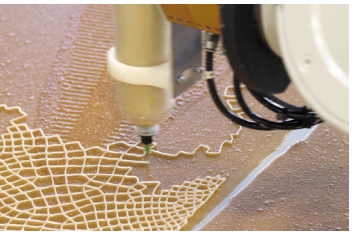


Fig51 - Processo produtivo por extrusão de compostos bioplásticos do projeto Aquahoja (imagem de Mediated matter gorup, n.d, fonte www.media.mit.edu/projects/aguahoja/overview/)

ELISSA BRUNATO, 2021 l PHILLIP LIM AND CHARLOTTE MCCURDY, 2021 l Lantejoulas de biopolímeros

A designer Elissa abordou a problemática do descarte de peças de roupa que são constituídas com bordados de aviamentos plásticos derivados de petróleo. A designer em parceria com engenheiros de biotecnologia, desenvolveu aviamentos para bordado a partir de celulose de madeira, um polímero de fonte renovável e compostável, o que apresenta uma alternativa aos aviamentos convencionais (fig. 49) (Arts Foundation,2021). Um projeto parecido e com o mesmo objetivo é o vestido de lantejoulas feitas a partir de bioplásticos de algas realizado pelo estilista Phillip Lim em parceria com a designer industrial Charlotte Mccurdy (fig. 50).

AQUAHOJA, 2019 l Biocompósitos por fabricação digital e Impressão 4D

O projeto Aquahoja (fig. 51) explora o design em parceria com a natureza, os artefatos são compostos por bioplásticos que foram projetados e fabricados digitalmente com auxílio da robótica, por meio do processo aditivo. A forma do objeto final é alterada ao entrar em contato com a água, o que possibilita desenvolver materiais interativos com o ambiente. O projeto experiemental resultou em um artefato para exposição artística, mas representa a possibilidade de no futuro estes materiais sinérgicos com o ambiente, possam ser utilizados em objetos do quotidiano (Mediated Matter Group, nd).

COELICOLOR, 2011, INGLATERRA l Tingimento de bactéria

A Faber Futures LAB, é um estúdio de design que integra natureza, tecnologia e sociedade, projeta sistemas vivos e explora possibilidades de um futuro pelo biodesign. Desenvolve pesquisas com bactérias, fungos e algas para criar materiais, processos e aplicações do design têxtil ao setor de energia. Um de seus projetos chamado Coelicolor (fig. 52 e 53), iniciado em 2011, desenvolveu um corante bacteriano para tingimento têxtil, os corantes microbianos têm o potencial de substituir os petroquímicos, reduzir drasticamente o uso de água e eliminar efluentes na fabricação de têxteis (Faber Futures.com).



Fig.52 - Coelicolor (imagem de Faber Futures 2011, fonte: faberfutures.com/projects/project-coelicolor/)

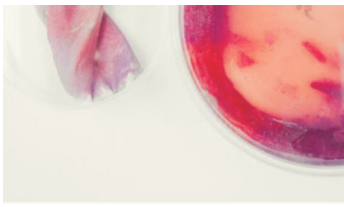


Fig.53 - Coelicolor (imagem de Faber Futures n.d., faberfutures.com/)

ZOA, 2017, Modern Meadow (USA) l Material de bactérias

Na Modern Meadow, cientistas, engenheiros de materiais e designers, utilizaram leveduras geneticamente modificadas, alimentadas com açúcar para produzir substâncias. A matéria prima é processada e prensada termicamente, o que resulta em um material semelhante a pele animal (fig. 54 e 55). O material "Zoa", pode ser cultivado em qualquer dimensão, e assumir formas, espessuras e efeitos visuais diversos, o interessante é o que as dimensões do Zoa não ficam limitadas as dimensões do couro animal, o que possibilita versões nunca vistas no mundo natural (Antonelli & Myers, 2018). Segundo a designer Suzanne Lee, o design pode mudar o curso do desenvolvimento da tecnologia em toda a empresa, quando começaram a desenvolver o material, perceberam que por tratar-se de uma "pele" liquida seria possível aplicar outros tipos de processos ao material (Chieza et al., 2019).



Fig.54 - Zoa (imagem de Myers, 2018)



Fig.55 - Zoa em detalhe e cor (imagem de Myers, 2018)

ALGAELAB, 2017, HOLANDA E FRANÇA l Biopásticos de Algas e Impressão 3D

Os designers holandeses Eric Klarenbeek e Maartje Dros, desenvolveram um bioplástico a partir de algas, como uma opção para substituir os polímeros sintéticos. Em suas pesquisas perceberam que algumas algas produzem amido como resíduo, durante o seu crescimento em água salgada, ela absorve o CO2, e produz o amido que pode ser utilizado como matéria prima para bioplásticos ou aglutinantes. Além disso o projeto tenta construir uma ponte entre a pesquisa cientifica e a economia local, pois as algas estão presentes ou podem ser cultivadas em ambientes urbanos e podem contribuir para filtrar a poluição das fabricas próximas ao mar, e produzir o resíduo que é matéria prima para os designers. Foram feitos protótipos em impressão 3D (fig. 56 e 57) com o material. Os designers concluem que a princípio pode ser feito qualquer bem de consumo com este material (museu Bojimans van Beuningen).



Fig. 56 - Algae Lab (imagem de Myers, 2018)



Fig. 57- Detalhe de impressão 3D de biopolímero de alga (imagem de Myers, 2018)



Fig.58 - Mycelium Krown, banco impresso em 3D (imagem de Myers, 2018)



Fig.59 - Detalhe Mycelium Krown, banco impresso em 3D (imagem de Myers, 2018)

THE MYCELIUM PROJECT – KROWN, 2011, HOLANDA l Impressão 3D de cogumelos

O mesmo estúdio Klarenbeek & Dros, desde 2011 desenvolve também pesquisas com organismos vivos, como fungos e cogumelos. Os designers pesquisam o micélio, ou seja, o cultivo e a estrutura de crescimento de cogumelos. O estúdio foi o primeiro a desenvolver o método de impressão 3D com organismos vivos, uma fonte natural infinita que funciona como aglutinante de resíduos orgânicos. Os produtos desenvolvidos pelos designers (fig. 58 e 59) , são conceituais e representam possibilidades infinitas presentes na investigação com novos materiais e processos de manufatura no design de produto. (Antonelli & Myers, 2018). Além disso, o projeto resultou na criação de uma *start-up* com produtos de micélio e kits de *DIY,* que incentivam o cultivo e exploração do micélio pelos utilizadores.

MYCELIUM + TIMBER, 2017, INGLATERRA l Mobiliário de cogumelos

Outro exemplo de aplicação do cultivo de micélio foi desenvolvido pela Designer Ninela Ivanova em parceria com o estúdio londrino de mobiliário Sebastian Cox em 2017. A coleção é constituída por uma série de bancos e candeeiros (fig.60), elaborados a partir de resíduos de madeira adicionados ao micélio, que conforme cresce une os pedaços de resíduos. O resultado são peças extremamente leves, resistentes e completamente compostáveis. Esta relação entre madeira e os fungos existem naturalmente na natureza, e após a investigação e experimentação dos designers, identificaram qual espécie de micélio funciona de forma mais eficaz com o resíduo de madeira (Sebastian Cox, n.d).

A designer Ninela, trabalha com o desenvolvimento de novos materias e seu foco de pesquisa de doutoramento está relacionado a possíveis futuras aplicações do micélio como matéria prima na indústria de vestuário (fig. 61). Ela coordena pesquisas de como seria a percepção deste material aplicados a artefatos que possuem uma relação intima com o utilização (Ivanova, 2019).

AMADOU LEATHER 2017, e MYCOWORKS, 2013, EUA l Couro de cogumelos

As pesquisas que utilizam micélio como matéria prima estão em nível avançado e algumas *start-up* e empresas, possuem materiais que apresentam condições perfeitas para serem aplicadas em produtos de consumo. Como exemplo a Amadou Leather ™, uma opção de pele vegana, que pode ser utilizado como matéria prima para indústria da moda, mobiliário e automotiva, que procuram incorporar materiais de baixo impacto e os princípios da economia circular (fig. 62). O material absorve a unidade e isola o calor, o que faz com seja respirável e refrescante, além de possuir propriedades naturais antimicrobianas, o que impede a proliferação de bactérias (Amadou Leather , n.d). A MycoWorks, é outro exemplo, que foi fundada em 2013 e produz materiais com matéria prima de micélio (Myco Works, n.d)



Fig.60 - Ninela Ivanova mycelim project (imagem de Petr Krejci.n.d, fonte:dezeen.com/2017/09/20/mushroom-mycelium-timber-suede-like-furniture-sebastian-cox-ninela-ivanova-london-design-festival/).

INTERWOVEN, 2017, HOLANDA l Tecido de raízes de plantas

A prática da artista visual, Diana Scherer engloba fotografia, pesquisa de materiais, tecelagem com raízes de plantas e escultura. Nos últimos anos, ela expôs em várias mostras internacionais individuais e coletivas. Scherer explora a relação do homem com a natureza. Nos últimos anos, seu foco de pesquisa está centrado no seu fascínio pela inteligência das plantas com raízes subterrâneas. Em seu projeto, *Exercises in Rootsystem Domestication*, iniciado como um projeto de arte com uma abordagem intuitiva resultou em uma pesquisa de material inovadora (fig. 63). O projeto é baseado na pesquisa do crescimento das raízes das plantas e nos padrões que são criados conforme o seu crescimento. A partir desta percepção a artista começou a especular e participar no processo de construção destes padrões, ou seja, explorou a capacidade material das raízes. Por meio de uma técnica auxiliada por modelos fabricados digitalmente, a artista direciona o crescimento das raízes em padrões geométricos e elaborados que resultam um tecido nunca concebido (Zhou et al, 2020).



Fig.61 - Ninela Ivanova mycelim produtos de vestuário (imagem de Ninela Ivanova n.d, fonte: www.ninelaivanova.co.uk/research/).



Fig 62 - Amadou leather, couro de cogumelo (imagem de Amadou n.d. fonte: www.amadouleather.com/)

Durante as experiencias, o processo natural de crescimento das plantas é respeitado. Neste projeto, Scherer transita entre as disciplinas, do design à arte, artesanato e ciência. Para desenvolver o trabalho colabora com biólogos, engenheiros e designers. A InterWoven foi homenageada pelo *New Material Award Fellow*, o Prêmio Novo Material é um prêmio bienal organizado pelo *Het Nieuwe Instituut Rotterdam* que desafia artistas e designers a desenvolver materiais sustentáveis e tecnologias inovadoras. Neste projeto em vez de criar limites entre os organismos vivos e os materiais feitos artificialmente, é explorado progressivamente uma abordagem simbiótica entre o mundo natural e o artificial (Zhou et al, 2020).



Fig.63 - Projeto Interwoven (imagem de Diana Scherer n.d. fonte: dianascherer.nl/)

2.3.3 Síntese pesquisa de mercado

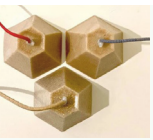
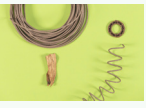
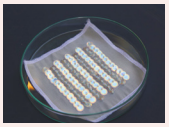
	PROJETO	RESÍDUO	COMPOSIÇÃO	PRODUTO	TÉCNICA
	Agriccola	Resíduo Agricola e Alimentar	Resíduo agricola e aglutinante natural	Candeeiros	Desenvolvimento de material
	O-Trash	Resíduo Alimentar	Resíduo alimentar e goma de tapioca	Malas	Desenvolvimento de material
	Lexi Lamp	Resíduo Alimentar	Casca de ovo e PLA	Candeeiros	Desenvolvimento de material
	Kham	Resíduo Alimentar	Resíduo Alimentar, bambu e resina natural	Utensílios de cozinha	Desenvolvimento de produto
	Sea Jewelry	Resíduo Alimentar	Resíduo de escamas de peixe	Joalheria	Desenvolvimento de material
	From Peel to Peel	Resíduo Alimentar	Resíduo alimentar e celulose bacteriana	Embalagem de alimentos biodegradáveis	Desenvolvimento de material
	Malai	Resíduo Alimentar	Resíduo alimentar e celulose bacteriana	Malas	Desenvolvimento de material
	Shellworks	Resíduo Alimentar	Resíduo cascas de camarão	Embalagens	Desenvolvimento de material
	Mango Leather	Resíduo Alimentar	Resíduo de fruta (mangas)	Malas	Desenvolvimento de material
	Kuori	Resíduo Alimentar	Resíduo de fruta (banana)	Filamento impressão 3d	Desenvolvimento de material

Tabela 2 : Síntese da pesquisa acadêmica e de mercado com projetos desenvolvidos através de bioresíduos (tabela desenvolvida pela autora).

PROJETO	COMPOSIÇÃO	PRODUTO	TÉCNICA
 Aquahoja	Biopolímeros por meio de impressão 3D	Produto impresso em 3D	Desenvolvimento de material / Biodesign
 Elisa Brumato Phillip Lim Charlotte McCurdy	Biopolímeros	Aviamentos para Têxteis	Desenvolvimento de material / Biodesign
 Coelicolor	Seda e corante de bactéria	Tecido tingido	Desenvolvimento de corante / Biodesign
 Zoa	Malha e Napa de bactéria	Camiseta	Desenvolvimento de material / Biodesign
 AlgaeLAB	Biopolímero de Alga impressos em 3d	Vasos e utensílios de cozinha	Desenvolvimento de material / Biodesign
 Mycelium Krown	Missélio impresso em 3d	Mobiliário	Desenvolvimento de material / Biodesign
 Ninela Ivanova	Missélio	Mobiliário	Biodesign
 Amadou Leather	Missélio	Sapatos	Desenvolvimento de material / Biodesign
 Interwoven	Raízes de plantas	Tecidos	Desenvolvimento de material / Biodesign

Como se pode concluir pela tabela 2, através da pesquisa de mercado é possível perceber algumas similaridades entre os projetos e produtos pesquisados. Relativamente à primeira fase da pesquisa, na qual o foco recai especificamente sobre a utilização de resíduos alimentares como matéria prima no desenvolvimento de materiais, percebe-se que os bio-resíduos provêm de diversas fontes. Podem ser aproveitados os resíduos de plantações e de fábricas de alimentos como é o caso do projeto **Agriccola, Malai e Kuori**, podem ser recolhidos os resíduos de mercados de rua e desperdício alimentar como é o caso do projeto **Mango Leather e O-Trash**, ou de pequenos restaurantes locais como nos projetos **Shell Works, Sea Jewelry e Lexi Lamp**. Deste modo, os resíduos alimentares podem ter as origens mais diversas possíveis, porém como são resíduos orgânicos de alta biodegradabilidade, as instalações nas quais os materiais são reciclados e os projetos são desenvolvidos, precisam estar fisicamente próximas ao local nos quais os materiais são recolhidos.

Relativamente aos modos de manipulação destes materiais, percebe-se algumas similaridades. Entre eles é possível destacar a extração de componentes para o desenvolvimento de biopolímeros, já que os bio-resíduos possuem ingredientes que possibilitam o desenvolvimento de materiais nos quais não existe a necessidade de adição de aglomerantes. Neste caso são os resíduos em escama de peixes, mariscos e cascas de fruta, que são utilizados para extração de quitina ou como matéria prima na produção de biopolímeros resultantes da fermentação de bactéria. Por outro lado, outra opção de reciclagem para estes resíduos consiste no tratamento para sua utilização em conjunto com um aglomerante para criação de materiais compósitos. Os aglomerantes utilizados nos projetos descritos na pesquisa de mercado são compatíveis com os bio-resíduos, pois mantem suas características de biodegradabilidade e são de origens de fontes naturais e renováveis.

Na segunda fase da pesquisa de mercado foram listados projetos de biodesign, nos quais os modos de “pensar” e produzir da natureza foram incorporados aos projetos de design. Os projetos destacados nesta fase em sua maioria possuem caráter experimental e demonstram um novo modo de produção, na qual a natureza é incluída como parte fundamental do projeto. É possível dizer que são projetos que foram concebidos a partir dos conceitos de biocompatibilidade e biomimética. Os materiais e produtos listados nesta fase são projetados e concebidos em parceria com o ambiente e por este motivo são pensados para serem produzidos com o menor impacto ambiental possível, e representam uma esperança de um futuro cenário da humanidade no qual existe uma simbiose e parceria entre os humanos e a natureza, por meio dos artefatos projetados e produzidos.

2.6 SÍNTESE DO ESTADO DA ARTE

De acordo com a revisão de literatura apresentada no decorrer do capítulo de estado da arte, é possível levantar algumas conclusões importantes que serão a base para o desenvolvimento do caso de estudo: a problemática dos resíduos é um dos temas urgentes da sociedade, pelas consequências ambientais, entre elas a imensa quantidade de resíduos em aterros sanitários, que geram efeitos colaterais como o desperdício de materiais que poderiam ser reutilizados e incluídos em um sistema de economia circular. Além disso, a problemática dos resíduos não atinge apenas o âmbito físico e material, mas relaciona-se também com o nível cultural da sociedade, já que o sistema econômico predominante, foi construído a partir do consumo de produtos, e por consequência no seu rápido descarte e substituição.

Neste contexto, no qual o sistema de economia linear não condiz com os objetivos da sustentabilidade, o designer tem um papel de destaque por estar intimamente relacionado a indústria e a sociedade, e suas escolhas de projetos podem contribuir para que haja uma mudança positiva e necessária. No design circular, surgem novos caminhos e oportunidades de inovação para o design, entre eles foi possível perceber que é valorizada a característica de interdisciplinaridade da área. Sendo assim, os designers podem explorar suas habilidades em todas as fases de diversos tipos de projeto, entre elas, no contexto da presente pesquisa, é destacado o desenvolvimento e experimentação com os bio-resíduos, com o intuito de conceber novas aplicações para estes materiais, e propor a investigação de novos materiais de fontes naturais e biodegradáveis.

De acordo com a pesquisa realizada sobre os bio-resíduos é possível constatar que este tipo de resíduos apresentam grandes oportunidades de valorização com diversas áreas de aplicações. No campo de design de produto este tipo de resíduo pode ser utilizado como matéria prima para o desenvolvimento de biopolímeros ou biocompósitos.

A partir dos exemplos apresentados na pesquisa de mercado, foi possível perceber como o designer pode contribuir de modo positivo no desenvolvimento de novas aplicações para os bio-resíduos, por meio da criação de valor. Por outro lado, a partir da pesquisa sobre projetos de biodesign foi compreendida a possibilidade em desenvolver materiais e produtos com o menor impacto ambiental possível, provenientes de materiais produzidos em co-criação com a natureza. Neste contexto, a natureza e o ambiente no qual vivemos não é mais visto apenas como um veículo de extração de matéria prima, mas torna-se integrante do processo de design, nos quais seus mecanismos e inteligência são considerados durante o a fase do projeto. Na atualidade o modo de pensar em conjunto com a natureza abre caminhos para que haja uma mudança efetiva na relação entre a sociedade e o planeta e representa uma nova forma de habitar e construir um novo cenário de mundo, no qual o design industrial e de produto é parte fundamental.



Fig.64 - Composição com os testes com resíduos de materiais (imagem desenvolvida pela autora)















Capítulo 3

CASO DE ESTUDO

3.1 Introdução

O caso de estudo surge a partir da problemática dos bio-resíduos, do conceito de design circular, e da intenção em explorar formas de reciclagem, para que estes materiais sejam transformados e possam ser aplicados na área de design de produto e industrial. Selecionou-se as cascas de fruta pelas diversas fontes nas quais seria possível encontrá-las, desde pequenos restaurantes e agricultores, até grandes indústrias alimentícias, como é o caso das fábricas de suco de fruta. As cascas de fruta possuem texturas e colorações próprias o que pode resultar em materiais com aparência e características únicas e inovadoras, além de possuírem a qualidade de biodegradabilidade e de serem provenientes de origens renováveis o que faz com que materiais feitos a partir deste tipo de resíduo causem menor impacto ambiental ao ser descartado de modo correto. O caso estudo desenvolve por meio do design experimental uma sequência de testes e ensaios com as cascas de fruta. Além isso, é aplicada a metodologia *Material Driven Design* (MDD) para que seja avaliada a percepção dos possíveis utilizadores com os materiais e sejam pensadas possíveis aplicações para o material desenvolvido.

3.2 Objetivos

Relativamente aos objetivos do caso de estudo é possível listar, os seguintes objetivos, gerais e específicos.

3.2.1 Objetivos gerais:

- Desenvolvimento de um material a partir da reciclagem de bio-resíduos orgânicos, no caso, cascas de fruta.

3.2.2 Objetivos específicos:

- Análise da percepção que os possíveis utilizadores têm sobre o material desenvolvido, nos quatro níveis abordados pelo método *Material Driven Design* (MDD), nível sensorial, interpretativo, afetivo e performativo.
- Propor uma possível aplicação e conceito de produto para o material desenvolvido, a partir dos resultados obtidos na fase experimental e pelas conclusões das pesquisas e testes com os utilizadores durante a aplicação do método MDD.
- Desenvolver uma biblioteca de materiais com os resultados obtidos a partir dos testes e ensaios com as cascas de fruta.

3.3 Plano experimental

O plano experimental do caso de estudo é estruturado de acordo com as seguintes fases que estão separadas nos ensaios:

- Fase 1 - Fase exploratória : Consiste na descrição das primeiras experiências com os bio-resíduos, com o intuito de perceber diversos modos de trabalhar com as cascas de fruta.

- Fase 2 - Biopolímeros Alimentáres como Aglutinantes: Pesquisa e descrição de experiências com os possíveis aglutinantes para as cascas de fruta.

- Fase 3 - Tratamento e preparação dos bio-resídos: Pesquisa e descrição dos métodos de tratamento para cascas das frutas antes de serem desenvolvidas as amostras de material com os aglutinantes.

- Fase 4 – Ensaios de Material: Descrição das experiências realizadas com os biopolímeros como aglutinante para as cascas das frutas, e a apresentação das amostras dos materiais obtidos.

3.4 - Desenvolvimento do Plano experimental

3.4.1. Fase 1 - Fase exploratória: Experiencias desenvolvidas no Brasil

Os primeiros testes de material desenvolvidos durante a fase exploratória foram realizados a partir de bio-resíduos provenientes do consumo de frutas no contexto doméstico. A partir da observação dos resíduos produzidos diariamente, foi possível constatar que as cascas de fruta e vegetais constituem uma grande porcentagem de resíduo orgânico gerado no contexto domiciliar. Na tabela 3 é possível visualizar os passos para atingir as amostras apresentadas na tabela 4.

EXPERIÊNCIA 1	FASE EXPLORATÓRIA
OBJETIVO	Desenvolver amostras de material a partir de diversos tipos de cascas de fruta, sem utilização de aglutinantes ou demais materiais, apenas a partir do processo de secagem dos bio-resíduos.
RESÍDUOS	Os resíduos utilizados nesta fase foram: casca de maracujá amarelo, casca de uva, polpa e casca de beterraba, casca de laranja, casca de jabuticaba e casca de batata doce.
EQUIPAMENTOS	Liquidificador do modelo Arno Power Max LN54 15  Molde de polipropileno (PP) Forno Microondas  Peneira 
PASSOS	1. Recolha e limpeza dos bio-resíduos. As cascas foram depositadas em uma tigela de vidro com água e vinagre branco por 30 minutos para higienização. 2. Trituração : as cascas foram trituradas no liquidificador. 3. Secagem do material, no forno microondas ou ao sol (ver tabela 4 de acordo com amostra).

Tabela 3 : Descrição da experiência 1 da fase exploratória do plano experimental (tabela desenvolvida pela autora).



1. Casca de Beterraba e de Maracujá

- Trituração : 5 min
- Secagem em microondas : 10min
- Secagem ao sol : 4h



2. Casca e polpa de Beterraba + Cenoura

- Trituração : 8 min
- Secagem em microondas : 10min
- Secagem ao sol : 10h



3. Casca e polpa de Beterraba

- Trituração : 8 min
- Secagem ao sol na peneira : 10h



4. Casca de Uva

- Trituração : 5 min
- Secagem ao sol : 24h



5. Casca de Uva

- Trituração : 5 min
- Prenssadas manualmente em panela antiaderente



6. Casca de Uva + Vinagre branco

- Trituração : 8 min
- Secagem ao sol na peneira: 24h



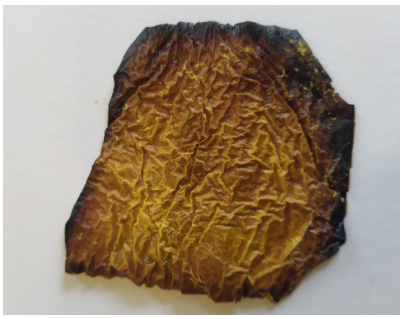
7. Casca de Maracujá

- Trituração : 5 min
- Secagem em microondas : 10min
- Secagem ao sol : 4h



8. Casca de Maracujá + sementes

- Trituração : 5 min
- Secagem em microondas : 15min
- Secagem ao sol : 4h



9. Casca de Maracujá

- Secagem : Forno 3 horas 60°C



10. Casca de Jabuticaba

- Trituração : 10 min
- Secagem ao sol na peneira : 5h



11. Casca de Batata doce

- Trituração : 10 min
- Secagem ao sol na peneira : 5h



12. Casca de Laranja + Vinagre branco

- Trituração : 5 min
- Secagem ao sol na peneira : 24h

Tabela 4 : Resultados dos primeiros testes de materiais com bio-resíduos (tabela desenvolvida pela autora).

Na Tabela 4 é possível visualizar os primeiros testes experimentais desenvolvidos com resíduos alimentares, especificamente cacas de fruta. Nesta fase como é possível perceber os materiais apresentam as características de cor e textura similares aos das frutas, e não foi necessária a utilização de aglutinantes, pois os materiais se aglomeram com os próprios componentes presentes nas cascas de fruta. Por outro lado, as amostras desenvolvidas são muito frágeis o que dificulta o seu manuseio e possíveis aplicações.

Considerações finais:

1. Durante o processo de secagem, seja em forno microondas, ou ao sol, o material tende a formar fissuras e romper. Isso acontece porque, ao evaporar o líquido proveniente do processo de trituração, o material cria espaços de fragilidade, e por consequência fissuras, como é possível observar na figura 65.
2. As amostras secas em forno microondas possuem maior resistência e menor tendência a ocorrer fissuras, do que as secas ao sol. Porém é necessário o acompanhamento, com pausas durante o processo de secagem, para a eliminação manual de possíveis fissuras, o que dificulta o processo de secagem.
3. As amostras secas ao sol são muito frágeis, e possuem a consistência similar à de papel, com tendência a quebra, principalmente em espessuras finas, com aproximadamente 1mm. O que faz com que o material resultante seja de difícil manuseio.

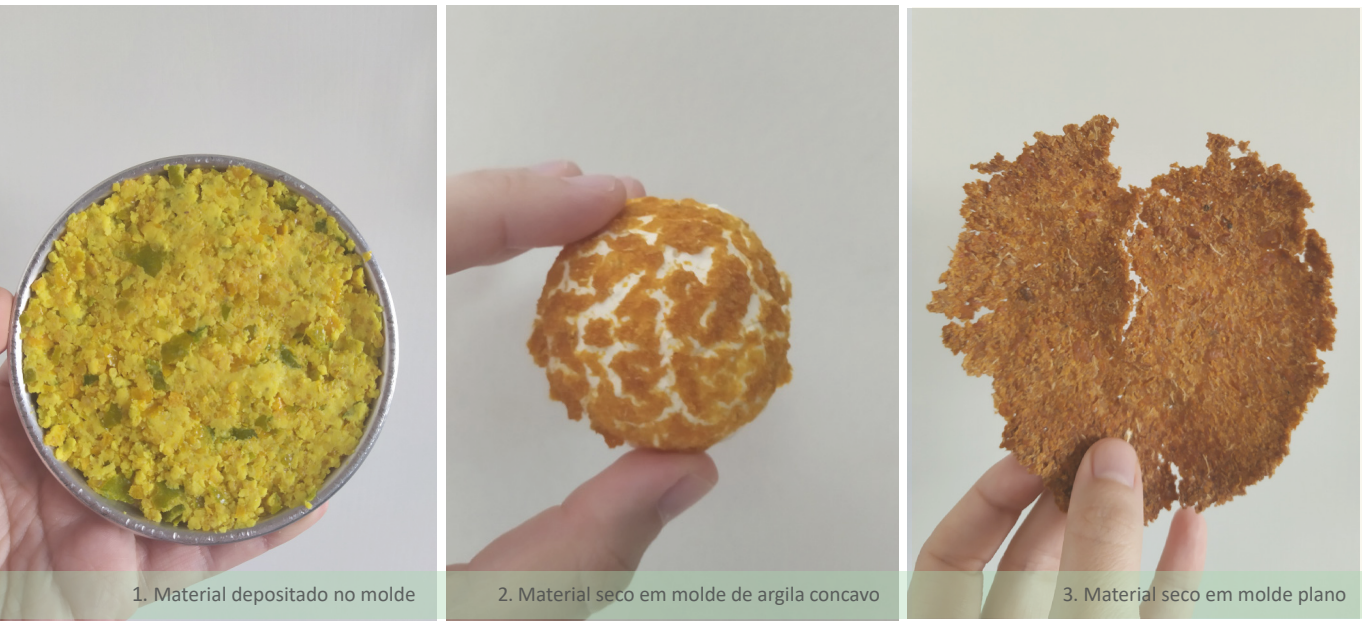


Fig.65- Processo de secagem ao sol das cascas de laranja trituradas

EXPERIÊNCIA 2	FASE EXPLORATÓRIA	
OBJETIVO	Testar a hipótese de desidratar as cascas de fruta sem realizar o processo de trituração.	
RESÍDUOS	As cascas de maracujá foram os primeiros a serem testadas neste processo.	
EQUIPAMENTOS	Assadeira metálica 	Forno Caseiro Eletrolux 
PASSOS	1. Recolha e limpeza dos resíduos. As cascas foram depositadas em uma tigela de vidro com água e vinagre branco por 30 minutos para higienização.	
	2. As cascas foram posicionadas em uma assadeira metálica e colocadas em forno caseiro, por 180 minutos a 60°C.	

Tabela 5 : Descrição da experiência 2 da fase exploratória do plano experimental (tabela desenvolvida pela autora).



Fig.66 - Comparação entre cascas de maracuja desidratadas no for (1 e2) e desidratadas ao sol (3) (imagem da autora)



Fig.67 - Teste de ipermeábilidade (imagem da autora).

Relativamente às conclusões sobre a experiência da tabela 5, foi possível perceber que as cascas de maracujá começaram a desidratar pelas laterais e mantiveram bastante maleabilidade no centro. Foi observado que após 2 meses, as amostras da fig. 66, não perderam as características de maleabilidade e assumiram um aspecto visual semelhante ao couro animal envelhecido. É possível perceber que este processo de semi desidratação em forno, resultou em uma característica diversa daquela que ocorre com a casca ao ser seca em ambiente natural, pois ela assume um aspecto rígido, completamente sem maleabilidade, como é possível observar na figura 67.

Considerações finais:

Foi realizado um teste de impermeabilidade (figura 64) para verificar quais amostras forneceriam maiores possibilidades para o desenvolvimento de próximos ensaios. Foi possível perceber que as superfícies dos materiais com textura são mais impermeáveis, enquanto os materiais com superfície lisa absorveram a água com mais facilidade.

Estas primeiras experiências foram desenvolvidas de modo intuitivo e experimental, por este motivo, as quantidades de cada material utilizado para desenvolver as experiencias não foram documentadas. Pois a intenção era descobrir possibilidades para dar continuidade a uma investigação mais apurada. A partir destas primeiras experiências, foi desenvolvido o plano experimental da fase 2, que investigasse possíveis aglutinantes para tornar as amostras mais funcionais e com maior facilidade de manipulação durante os processos produtivos.

Pontos positivos:

As amostras desenvolvidas nesta fase são constituídas apenas por cascas de fruta, sem a necessidade de adição de um material aglutinante, o que torna as amostras completamente compatíveis com o meio ambiente, por serem extremamente compostáveis, e serem compostas apenas por um único tipo de material, no caso bio-resíduo. As amostras desenvolvidas possuem as cores e texturas similares às frutas, o que faz com que a amostra tenha um aspecto único visual.

Pontos Negativos:

As amostras desenvolvidas são extremamente frágeis, o que dificulta a trabalhabilidade com o material, seria necessário desenvolver métodos específicos de manuseio com o material.

3.4.2. Fase 2 : Ensaios realizados em Portugal

As experiências apresentadas na fase exploratória foram realizadas no Brasil, utilizando-se materiais típicos da região. A ação seguinte consistiu em avançar para o teste com os bio-resíduos no contexto português.

Escolheu-se interromper os testes com alguns tipos de resíduos, como exemplo as de cascas de maracujá, pois além do maracujá amarelo não ser encontrado facilmente em Portugal, os testes realizados com maracujá roxo, não apresentaram resultados semelhantes aos atingidos com as cascas de maracujá amarelo no Brasil. Optou-se por selecionar e desenvolver a maioria dos testes principalmente com os resíduos de **casca de laranja e limão**, por serem frutos encontrados no período de inverno português, entre fevereiro e março. É possível perceber o calendário das safras em Portugal a partir da fig. 68.

Esta limitação pode ser encarada por um viés positivo, pois o material desenvolvido obrigatoriamente possui uma relação direta com o território em que foi produzido, pois é associado à agricultura local e aos hábitos de consumo alimentar das pessoas.

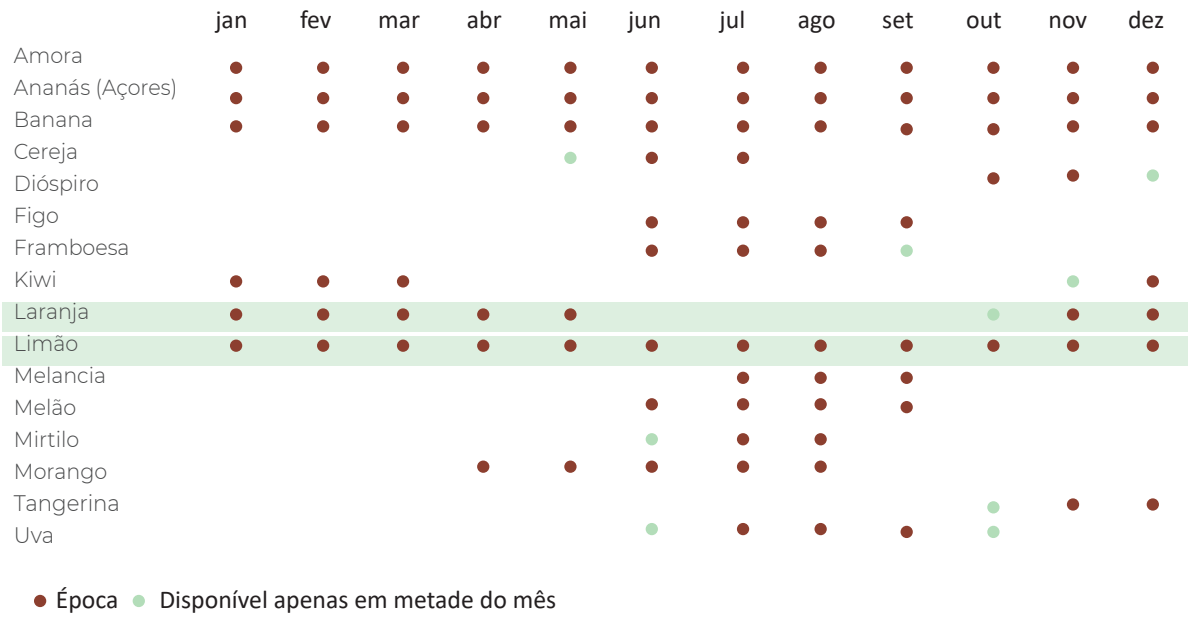


Figura 68 : Épocas em que as frutas estão disponíveis durante o ano para o consumo em Portugal, imagem adaptada de (Associação Portuguesa de Nutrição, 2017)

3.4.3 Fase 2 - Biopolímeros como aglutinantes

No desenvolvimento da fase 2 do plano experimental, foram pesquisados biopolímeros alimentares de baixo custo e de fácil acesso, que poderiam ser utilizados como aglutinantes para as cascas de fruta. A seguir são apresentados os biopolímeros utilizados para o desenvolvimento de testes nesta fase da investigação.

Amido

O amido é uma das maiores reservas de carboidratos em plantas, pode ser digerido pelos humanos, e por este motivo são utilizados em alimentos e em receitas de culinária como ligantes ou espessantes, como exemplo, na produção de pão e massas. Os tipos de amidos usados atualmente na indústria, são extraídos de sementes de cereais (milho, trigo e arroz), tubérculo (batata), e raízes (mandioca). O amido ao ser aquecido em meio aquoso resulta em sua gelatinização (G. F. Brito*, P. Agrawal, E. M. Araújo, 2009). A água é o componente mais comum utilizado no seu processamento como solvente, porém seu uso isolado sem adição de outro componente plastificante não é vantajoso, pois a partir do momento em que a água evapora, ocorre a fragilização do material. É recomendado a adição de plastificantes, como glicóis e açúcares, que podem ser adicionados para diminuir a Tg (temperatura de transição vítrea) do amido. O resultado disso é produzir um material final mais flexível e resistente (G. F. Brito*, P. Agrawal, E. M. Araújo, 2009).

Além do plastificante, no caso de proteínas como os amidos, para a elaboração de bioplásticos comestíveis e biodegradáveis são utilizados agentes reguladores de pH, são eles ácido acético glacial, conhecido como vinagre, ou hidróxido de sódio (Fakhouri & Queiroz, 2009). No contexto industrial em aplicações que não sejam alimentares, temos o amido termoplástico (TPS), é constituído pelo amido fundido com plastificantes, e produzido por meio de extrusão ou misturadores a temperaturas de 140-160°C. Este material em comparação com os termoplásticos convencionais possui um custo inferior, além de ser um material pode ser trabalhado com os mesmos equipamentos utilizados para os termoplásticos convencionais (G. F. Brito*, P. Agrawal, E. M. Araújo, 2009).

Optou-se por desenvolver testes para esta fase experimental com o amido de milho e o amido de tapioca, utilizados na indústria alimentícia e vendidos em mercados. As receitas de base de bioplásticos foram retiradas a partir da publicação aberta do Fab Textiles (Davis, n.d), e adaptadas de acordo com os objetivos do projeto, como adição das cascas de frutas, ou alteração na quantidade de cada componente.

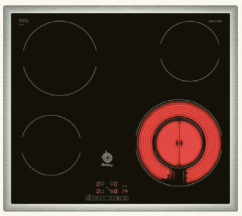
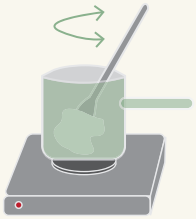
Goma Guar

O segundo ligante investigado e testado foi a goma guar (Ziboxan, 2016), outro tipo de polissacarídeo. As gomas são carboidratos extraídos de sementes de plantas terrestres, algas, biossíntese de microrganismos ou pela modificação química de polissacarídeos naturais. Na indústria alimentícia, possuem aplicação como espessantes e gelificantes. A goma guar é compatível para misturas com outras gomas, amidos, hidrocoloides, e pode ser utilizada para modificar e controlar o comportamento da água em alimentos, pois possuí maior resistência a água do que os amidos (Ziboxan, 2016).

PLA

Foi considerado utilizar o PLA (Ácido Polilático). Trata-se de um poliéster, termoplástico, sintetizado a partir do ácido lático obtido de fontes renováveis como milho, trigo, cana-de-açúcar, contendo amido ou açúcar. Relativamente as propriedades mecânicas, pode-se dizer que são comparáveis com as dos polímeros provenientes de fontes fósseis, principalmente pelo módulo de elasticidade, rigidez, transparência, comportamento termoplástico, biocompatibilidade e boa capacidade de moldagem (G. F. Brito*, P. Agrawal, E. M. Araújo, 2009). Por estas vantagens, o PLA foi incluído na fase de testes por sua característica hidrofóbica, além da estabilidade de propriedades, sob condições normais de uso. O que resultaria em um material compósito com características superiores e maiores possibilidades de aplicações, em comparação aos biopolímeros pesquisados da indústria alimentar.

Considerações importantes: Apesar de serem uma opção de aglutinante barata e de fácil acesso, os biopolímeros da indústria alimentar apresentam uma grande desvantagem, eles são solúveis em água, o que aumenta a velocidade de degradação, e limita a aplicação do material (Banegas, 2008). Uma opção, seria desenvolver blendas de materiais, como exemplo, utilizar o amido de milho em conjunto com PLA, ou outros polímeros compatíveis, com características hidrofóbicas, com o propósito de melhorar as propriedades do amido em relação a solubilidade em água e a resistência do material (G. F. Brito*, P. Agrawal, E. M. Araújo, 2009). Por outro lado, a alta solubilidade em água dos polissacarídeos que provoca a facilidade no processo de biodegradação, o que pode ser uma característica positiva, ao aplicar o material em produtos de rápido consumo e descarte, como é o caso das embalagens.

EXPERIÊNCIA 1	FASE 2 - Biopolímeros como Aglutinantes
OBJETIVO	Testar biopolímeros acessíveis da indústria alimentar como possíveis aglutinantes para serem utilizados em futuros testes com as cascas de fruta.
MATERIAIS	**a . Amido: Milho** (40g) Fabricante Continente , regulador de pH: vinagre (15ml, plastificante: glicerina (3g), solvente: água (80ml) **b. Amido: Tapioca** (40g) Fabricante Salud Viva, regulador de pH: vinagre (15ml), plastificante: glicerina (3g), solvente: água (80ml) **c. Goma: Goma de Guar** (4g) fabricante Baule Vuolante, regulador de pH: vinagre (15ml), plastificante: glicerina (3g), solvente: água (130ml)
EQUIPAMENTOS	Balança digital BECKEN BKS3972  Panela e colher  Fogão Balay Encastre 3HB2010X0 
PASSOS	1. Foram pesados na balança digital os componentes para realização do aglutinante conforme quantidades listadas acima. 2. Os componentes foram vertidos em uma panela de alumínio, e misturados com uma colher, até que formasse um líquido com consistência uniforme. 2min  3. A panela foi aquecida no fogo médio por 10 minutos e misturados com uma colher com movimentos constantes, até o líquido ganhar espessura e tornar-se um gel. 10min  4. O material foi depositado em papel vegetal e deixado para secar em temperatura ambiente, em local ventilado por 2 dias. 

	5. O material foi removido do papel e foi deixado para secar por mais 2 dias.	

Tabela 7 : Descrição da fase de testes com biopolímeros da indústria alimentar do plano experimental (tabela desenvolvida pela autora).

Conclusões: Esta fase consiste em pré-testes com os possíveis aglutinantes para depois serem incluídas as cascas de fruta. Todas as amostras obtidas apresentam certa maleabilidade (fig. 69,70 e 71). Porém, a amostra de amido de milho possuí maior tendência a criar fissuras. As amostras de amido de tapioca apresentam maior flexibilidade em comparação as de amido de milho, e possuem maior resistência quando flexionadas. Entre as amostras, aquelas de goma guar são as que possuem maior flexibilidade, porém são as mais frágeis e possuem o tempo de secagem superior as amostras de amidos. As conclusões foram levantadas ao contato manual com as amostras. Também é importante ressaltar que o tempo de secagem varia de acordo com o ambiente nos quais as amostras foram deixadas em repouso, se o ambiente for seco e ventilado, as amostras secam com maior agilidade.

Pontos positivos: Os aglutinantes testados por serem da indústria alimentar são compatíveis com os bio-resíduos.
Pontos negativos: São aglutinantes frágeis em comparação com biopolímeros de uso industrial.

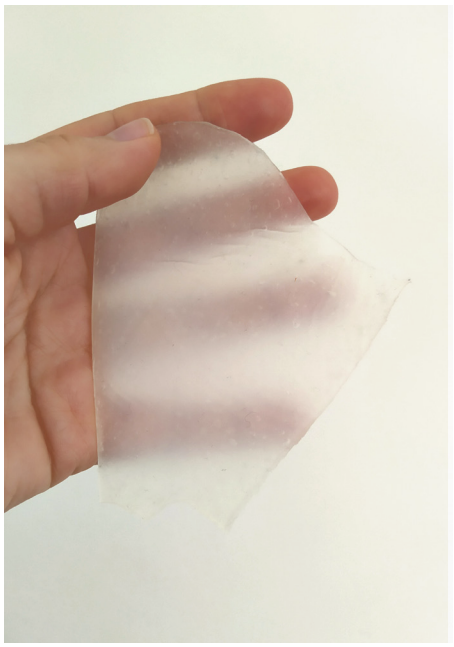


Fig.69 - Amostra resultante (amido de milho) Teste 1 (a) (imagem da autora).



Fig.70 - Amostra resultante (amido de tapioca) Teste 1 (b) (imagem da autora).



Fig.71 - Amostra resultante (goma guar) Teste 1 (c) (imagem da autora).

3.4.4 Fase 3 - Pré-tratamento dos bioresíduos



Fig 72- Secador Solar / Eólico / GLP (imagem de Embrapa, 2003).

A fase de tratamento dos bio-resíduos foi realizada no contexto doméstico, assim, foram pesquisados métodos de tratamentos simples que poderiam ser aplicados neste contexto.

O processo de desidratação é importante, pois consiste em retirar grande parte da água existente nas cascas de fruta. O calor no processo de desidratação geralmente reduz a carga microbiana presentes, e destrói todas as leveduras e a maioria das bactérias (Naturex, 2012). Porém, embora algumas delas possam sobreviver ao processo de desidratação, se as condições de armazenamento forem adequadas e higienizadas, a proliferação de microrganismos será reduzida (Naturex, 2012). Os processos de desidratação utilizados foram adaptados para o cenário caseiro, por este motivo não foi possível a utilização de secadores ou estufas. No contexto em que as cascas foram secas ao sol, o resultado foi uma desidratação irregular, e um processo mais lento do que o realizado no forno, pois o clima é um fator determinante. Uma alternativa para o processo de secagem, seria utilizar secadores de frutas que utilizam fontes de energia solar e o vento (eólica) como a da fig. 72.

EXPERIÊNCIA 1	FASE 3 - Pré - Tratamento dos bioresíduos (cascas de fruta)
OBJETIVO	Limpar as cascas das frutas, para evitar contaminações superficiais, e reduzir a proliferação de bolor e outros microrganismos.
MATERIAIS	Cascas de fruta: Cascas de Laranja e Limão 
EQUIPAMENTOS	Assadeira metálica  Forno Balay Encastre 3HB2010X0 

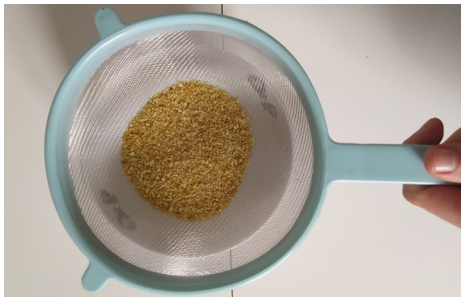
PASSO 1 LIMPEZA	As cascas de limão e de laranja foram depositadas em um recipiente com água e vinagre por 5 minutos. A lavagem das frutas e hortaliças com água tratada elimina os microrganismos presentes na superfície, porém como a umidade favorece o desenvolvimento de microrganismos, após a lavagem as cascas devem ser imediatamente processadas (Naturex, 2012).	
PASSO 2 BRANQUEAMENTO	O branqueamento é um processo utilizado na indústria antes da desidratação de alimentos e pode reduzir em até 99% a carga bacteriana dos alimentos (Naturex, 2012). Optou-se por realizar o processo de branqueamento com as cascas de fruta, para diminuir a chance de contaminação. As cascas foram depositadas em uma panela com água fervente por 2 minutos, a seguir foram colocadas em um recipiente com água e pedras de gelo por mais 2 minutos.	
PASSO 3 DESIDRATAÇÃO (Duas opções)	**a. Desidratação no Forno Caseiro** As cascas de fruta foram desidratadas no forno a uma temperatura de 60°C por 90 minutos. Após este período, as cascas ficaram rígidas e secas. Foram deixadas no forno pelo resto do dia para concluir o processo com o calor que ainda havia no forno. 	**b. Desidratação no sol:** Foi realizado o processo de desidratação no sol. As cascas foram depositadas em uma forma metálica e cobertas por uma malha de tecido, para evitar que haja contaminação por insetos. As cascas foram deixadas no sol por 48 horas. 
PASSO 4 TRITURAÇÃO	As cascas foram colocadas em um liquidificador, e trituradas por 10 minutos, até se transformarem em um pó uniforme.	
PASSO 5 PENEIRAGEM	O pó de cascas de fruta foi passado por peneira, o que resultou em duas dimensões de grãos para serem utilizadas durante a fase de ensaios.	

Tabela 8 : Descrição do processo de tratamento das cascas de frutas (tabela desenvolvida pela autora).

3.4.5 Fase 4 - Ensaios para o desenvolvimento do material compósito

Nesta fase foram realizados ensaios com os biopolímeros e as cascas de fruta já tratadas, com o propósito de obter amostras de materiais compósitos, que sejam mais resistentes do que os produzidos na fase 1, compostos apenas por cascas de fruta.

ENSAIO 1	FASE 4 - ENSAIOS COM CASCAS DE FRUTA + BIOPOLÍMERO		
OBJETIVOS	1.Testar biopolímeros como aglutinantes para as cascas de fruta. 2.Realizar o processo de secagem do material, inicialmente no forno para diminuir o tempo total de secagem.		
RESÍDUOS	Casca de Limão (1g) / Casca de Laranja (1g).		
MATERIAIS	a . Amido de milho (40g) , Vinagre (25ml), Glicerina (4g), Água (50ml).	b. Amido de Tapioca (40g), Vinagre (25ml), Glicerina (4g), Água (50ml).	
EQUIPAMENTOS	balança digital BECKEN BKS3972 	Panela e colher 	Forno Balay Encastre 3HB2010X0 
PASSOS	1. Foram realizados os mesmos processos para ambos aglutinantes, a e b. Foram pesados na balança digital os componentes para realização dos aglutinantes conforme quantidades listadas acima.		
	2. Os componentes foram vertidos em uma panela de alumínio, e misturados com a colher, até que formasse um líquido com consistência uniforme. 		
	3. As cascas de fruta foram pesadas na balança elétrica na quantidade sinalizada acima e adicionadas na mistura. 		

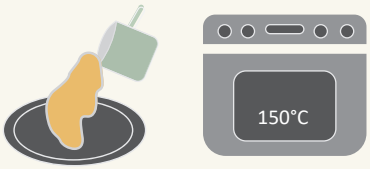
PASSOS	4. O material foi vertido em uma forma plana, e levado ao forno pré-aquecido por 20 minutos. A temperatura de 150°C, por 6 minutos. 
	5. O material foi retirado do forno. Quando o molde voltou a atingir a temperatura ambiente, o material foi retirado do molde, e foi posto para secar em um local ventilado por 3 dias (72 horas).

Tabela 9 : Descrição do processo de desenvolvimento das amostras de cascas de fruta e amido de milho e tapioca (tabela desenvolvida pela autora).

Conclusões: As amostras que foram desenvolvidas com amido de tapioca são mais flexíveis do que as aglutinadas com amido de milho. As amostras de amido de milho apresentaram fissuras (fig. 73), as amostras desenvolvidas com amido de tapioca não apresentam fissuras. As amostras desenvolvidas com o pó das cascas das frutas, peneiradas com grãos em dimensão menor apresentam maior uniformidade do que as cascas feitas com grãos maiores. As amostras que foram feitas com grãos maiores apresentam uma textura aparente na superfície do material, já as desenvolvidas com grãos mais finos, não apresentam textura na superfície.

Pontos positivos: As amostras desenvolvidas com amido possuem a superfície uniforme e após estarem completamente secas, são maleáveis. As amostras finais mantiveram a textura e as cores do pó de cascas de fruta, o que é uma característica positiva. As amostras de amido de tapioca são bastante resistentes e não criam fissuras durante o processo de secagem.

Pontos negativos: As amostras de amido de milho tendem a criar fissuras durante o processo de secagem. As amostras quando desmoldadas tendem a reduzir em tamanho, o que implica em deixar as amostras no molde até estarem completamente secas para realizar a desmoldagem.

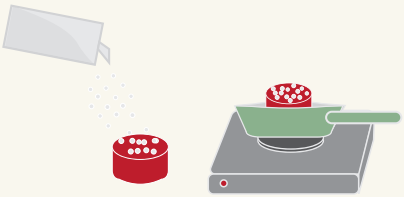
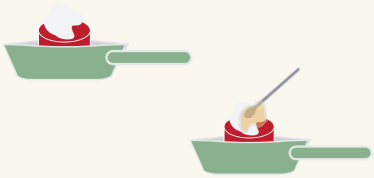

1. Textura na superfície, desenvolvida com grãos sem peneirar


2. Material em molde


3. Material após retiragem do molde


4. Amostra de cascas de fruta com amido de milho com fissuras

Fig.73 - Amostras finais dos materiais desenvolvidos com as cascas das frutas (imagem da autora).

ENSAIO 2	FASE 3 - ENSAIOS COM CASCAS DE FRUTA + BIOPOLÍMERO
OBJETIVOS	1. Testar PLA como aglutinante para as cascas de fruta. 2. Obter um material mais resistente.
RESÍDUOS	Casca de Limão (1g) / Casca de Laranja (1g)
MATERIAIS	**PLA Ingeo™ 3251D NatureWorks®** (15g) (Ficha técnica anexo 1)
EQUIPAMENTOS	Balança digital BECKEN BKS3972  Panela, colher, forma de silicone resistente ao calor  Forno Balay Encastre 3HB2010X0 
PASSOS a. Aquecimento do aglutinante em panela	1. O PLA foi pesado na quantidade descrita e depositado no molde de silicone. O molde foi posto em uma panela que foi aquecida até o PLA começar a amolecer e tornar-e um líquido viscoso. 
	2. Foram acrescentadas as cascas de fruta enquanto a mistura ainda permanecia no fogão. A coloração das cascas de fruta começou a escurecer, devido à alta temperatura como é possível perceber na figura 15. 
	3. Foi realizado um segundo teste, no qual o PLA após tornar-se um líquido viscoso foi retirado do fogão, e só então foram adicionadas as cascas de fruta na mistura, neste caso, não houve alteração de coloração das cascas de fruta.
b. Aquecimento do aglutinante em forno	1. O PLA foi pesado na quantidade descrita acima e depositado no molde de silicone. O molde foi colocado em um forno pré-aquecido 220°C por 30 minutos. 

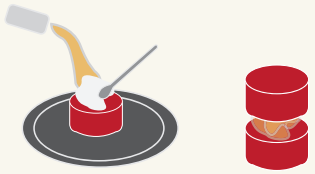
b. Aquecimento do aglutinante em forno	2. O PLA foi aquecido no forno por 40 minutos, até tornar-se um líquido viscoso e uniforme. Foram acrescentadas as cascas de fruta, e misturadas manualmente com o PLA com uma colher de metal. O molde foi fechado e deixado para secar por 20 minutos.	

Tabela 10 : Descrição do processo de desenvolvimento das amostras de cascas de fruta e PLA (tabela desenvolvida pela autora).

Conclusões: O arrefecimento do PLA, o torna sólido com rapidez, e dificulta a mistura com as cascas de fruta. Por este motivo é preciso ter atenção para que o PLA esteja completamente viscoso no momento da mistura com o outro material. Caso contrário, a mistura não será uniforme e o PLA começara a endurecer durante este processo, como é possível visualizar na fig. 74 (a). As amostras que foram desenvolvidas com o PLA aquecido no forno, e as cascas adicionadas posteriormente foram as que obtiveram os melhores resultados, pois as misturas entre os dois materiais são mais uniformes, na fig. 74 (b) (c) (d). Foi realizado um teste de sobrepor as cascas de fruta apenas na superfície do PLA, sem misturar os dois materiais, o resultado também pode ser visualizado na fig. 74 (e).

Pontos positivos: As amostras desenvolvidas possuem um padrão irregular causado pela disposição das cascas de fruta, e pelo processo de mistura dos materiais. O que resulta em uma textura e padrão único para cada amostra desenvolvida. As amostras de cascas de laranja com o aglutinante PLA possuem características diversas daquelas desenvolvidas com Amido. São mais resistentes e não são flexíveis.

Pontos negativos: Não é um processo fácil misturar e verter as cascas de fruta com o aglutinante no molde, o que causa imperfeições nas amostras.



a. Fase de mistura entre os dois materiais.



b. Amostra de PLA com casca de limão.



c. Amostra de PLA com cascas de laranja.



d. Casca de limão queimadas na mistura dos materiais durante o aquecimento do PLA.



e. Amostra das cascas de laranja sobrepostas sem mistura com o PLA.

Fig.74 - Amostra final de cascas de limão e laranja aglutinadas com PLA (imagem da autora) .

ENSAIO 3	FASE 3 - ENSAIOS COM CASCAS DE FRUTA + BIOPOLÍMEROS		
OBJETIVOS	Testar biopolímeros como aglutinantes para as casca de maracujá roxo.		
RESÍDUOS	Casca de Maracujá (1g).		
MATERIAIS	a . PLA Ingeo™ 3251D NatureWorks® (15g)	b. Amido de Tapioca (40g), Vinagre (25ml), Glicerina (4g), Água (50ml).	
EQUIPAMENTOS	balança digital BECKEN BKS3972 	Panela, colher, forma de silicone 	Forno Balay Encastre 3HB2010X0 
a. Aglutinante PLA	1. O PLA foi pesado na quantidade descrita acima e depositado no molde de silicone. O molde foi colocado em um forno pré-aquecido 220°C por 30 minutos.		
	2. O PLA foi aquecido no forno por 40 minutos, até tornar-se um líquido viscoso e uniforme. Foram acrescentadas as cascas de fruta, e misturadas manualmente com o PLA com uma colher de metal. O molde foi fechado e deixado para secar por 20 minutos.		
b. Aglutinante Amido de Tapioca	1. Foram pesados na balança digital os componentes para realização do aglutinante conforme as quantidades listadas acima. Os componentes foram vertidos em uma panela de alumínio, e misturados com uma colher, até formar um líquido com consistência uniforme.		
	2. As cascas de maracujá foram pesadas na balança elétrica na quantidade sinalizada acima e adicionadas na mistura com o aglutinante.		
	3. O material foi vertido em uma forma plana, e levado ao forno pré-aquecido por 20 minutos a uma temperatura de 150°C por 6 minutos.		
	4. O material foi retirado do forno. Quando o molde voltou a temperatura ambiente, o material foi retirado do molde, e foi posto para secar em um local ventilado por 3 dias (72 horas).		

Tabela 11 : Descrição do processo de desenvolvimento das amostras de cascas de fruta e PLA e amido de tapioca (tabela desenvolvida pela autora).

Conclusões: As amostras desenvolvidas com amido de tapioca apresentaram grande maleabilidade, porém as cascas subiram completamente para a superfície do material. A amostra resultante com o PLA apresentou um bom resultado em relação a homogeneidade na distribuição das cascas de maracujá.

Pontos positivos: As cascas de fruta se misturam de forma homogênea na mistura**.**

Pontos negativos: A coloração inicial do maracujá roxo não é mantida. A superfície da amostra desenvolvida com o aglutinante Amido tem o toque áspero e desagradável.



1. Cascas de maracujá roxo desidratadas



2. Cascas de maracujá roxo trituradas



3. Amostra de cacas de maracujá com amido de tapioca



4. Amostra de cascas de maracujá com PLA

Fig.75 - Imagens da experiência descrita na tabela 9 com imagens (imagem da autora).

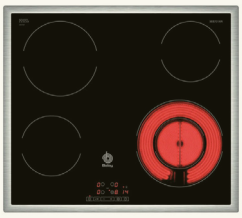
ENSAIO 4	FASE 3 - ENSAIOS COM CASCAS DE FRUTA + RESINA DE PINHEIRO
OBJETIVOS	Testar resina de pinheiro como aglutinante para as cascas de laranja.
RESÍDUOS	Casca de Laranja (1g).
MATERIAIS	Resina de Pinheiro PINE ROSINS PR268.3 (10 g) Ficha técnica anexo 2.
EQUIPAMENTOS	Balança digital BECKEN BKS3972  Colher, forma de silicone  Fogão Balay Encastre 3HB2010X0 
PASSOS	1. A resina foi pesada na quantidade descrita acima e depositada no molde de silicone. O molde de silicone foi aquecido no fogão até a resina começar a amolecer e virar um líquido homogêneo. 2. As cascas de laranja foram pesadas e misturadas com uma colher ao material. Ao misturar os componentes, foi percebido que a resina começou a expelir bolhas. Os materiais continuaram a ser misturados fora do fogão, até as bolhas desaparecerem por completo. 3. O molde foi fechado e deixado em repouso até o material arrefecer por 30 minutos, e então foi desmoldado.

Tabela 12: Descrição do processo de desenvolvimento das amostras de cascas de laranja com resina de pinheiro (tabela desenvolvida pela autora).

Conclusões: A resina de pinheiro foi o material que apresentou maior facilidade no momento da mistura com as cascas de fruta. A resina ao ser aquecida forma um líquido fino e de fácil manipulação, as cascas de fruta são facilmente distribuídas no aglutinante. Por outro lado, a resina de pinheiro é muito frágil, e as amostras resultantes partiram na fase de desmoldagem, ou em posterior manuseio. As amostras que permaneceram intactas por serem mais espessas, após desmontagem apresentavam imperfeições nas extremidades.

Pontos positivos: A mistura manual entre as cascas de laranja e a resina de pinheiro ocorre com muita facilidade, pois o aglutinante torna-se um líquido pouco espesso.

Pontos negativos: As amostras são extremamente frágeis o que torna impossível a desmoldagem sem que a amostra seja partida.



Fig.76 - Imagens da experiência descrita na tabela 12 (imagem da autora).

ENSAIO 5	FASE 3 - ENSAIOS COM CASCAS DE FRUTA + BIOPOLÍMERO + TECIDO	
OBJETIVOS	Aglutinar as cascas de fruta com amido de tapioca em conjunto com a utilização de tecido como base, para deixar material mais resistente.	
RESÍDUOS	Casca de Laranja (1g).	
MATERIAIS	Tapioca (20g), Vinagre (25ml), Glicerina (4g), Água (50ml).	Tecido 100% algodão (denim)
EQUIPAMENTOS	Balança digital BECKEN BKS3972 	Panela e colher 
	Forno Balay Encastre 3HB2010X0 	
PASSOS	1. Foram pesados na balança digital os componentes para o desenvolvimento do aglutinante conforme quantidades listadas acima.	
	2. Os componentes foram vertidos em uma panela de alumínio, e misturados com uma colher, até formar um líquido com consistência uniforme.	
	3. As cascas de laranja foram pesadas na balança elétrica na quantidade sinalizada acima e adicionadas na mistura com o aglutinante.	
	4.. O material foi vertido em uma forma plana, e o tecido foi posicionado por cima do material. A forma metálica foi levada ao forno pré-aquecido por 20 minutos a uma temperatura de 150°C por 6 minutos.	
	5. O material foi retirado do forno, e quando o molde atingiu a temperatura ambiente, o material foi retirado do molde. Foi posto para secar em um local ventilado por 3 dias (72 horas).	

Tabela 13: Descrição do processo de desenvolvimento das amostras de cascas de laranja com amido de tapioca e base de tecido como reforço (tabela desenvolvida pela autora).

Conclusões: A amostra obtida apresenta grande maleabilidade e é mais resistente em comparação com os testes sem o reforço têxtil. É possível perceber que a superfície do tecido possui uma característica visual diversa. Assim como o toque também sofreu alteração, a amostra final é semelhante aos tecidos que possuem uma cobertura emborrachada.

Pontos positivos: O reforço de tecido torna o material bastante resistente e evita o surgimento de fissuras e com o que material reduza em tamanho durante a fase de secagem da amostra.

Pontos negativos: A junção dos dois materiais torna a reciclagem da amostra mais complicada, porém caso seja escolhido um material têxtil biodegradável de fontes naturais, as características de ambos os materiais são similares.



1. Tecido utilizado como reforço



2. Material ao ser retirado do molde



3. Material após processo de secagem

Fig.77 - Imagens da experiência descrita na tabela 13 (imagem da autora).

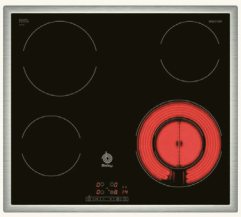
ENSAIO 6	FASE 3 - ENSAIOS COM CASCAS DE FRUTA + BIOPOLÍMEROS - EXTRUSÃO		
OBJETIVOS	Desenvolver filamento a partir de cascas de fruta aglutinadas com amido.		
RESÍDUOS	Casca de Laranja (1g).		
MATERIAIS	Amido de milho (40g), Vinagre (25ml), Glicerina (4g), Água (50ml).		
EQUIPAMENTOS	Balança digital BECKEN BKS3972 	Panela e colher, seringa de culinária 	Fogão Balay Encastre 3HB2010X0 
PASSOS	1. Foram pesados na balança digital os componentes para realização do aglutinante conforme quantidades listadas acima. Os componentes foram vertidos em uma panela de alumínio, misturados com a colher e aquecidos no fogão a temperatura média por 20 minutos, até formar um líquido com consistência uniforme e bastante viscoso, mais solido do que líquido.		
	2. As cascas de fruta foram pesadas e adicionadas ao aglutinante.		
	3. As cascas de fruta foram misturadas com o aglutinante até formar uma mistura uniforme. O material foi vertido na seringa de metal para fazer a extrusão.		
	4. Os filamentos foram postos para secar em um local ventilado por 3 dias (72 horas), até estarem completamente secos		

Tabela 14 : Descrição do processo de desenvolvimento de amostras de filamentos com cascas de laranja e amido de milho (tabela desenvolvida pela autora).

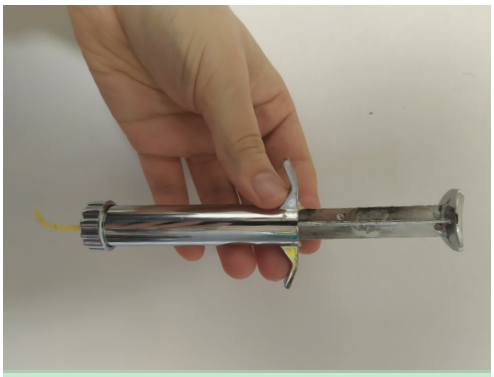
Conclusões: O filamento obtido tem uma característica visual interessante, pois mantem a coloração das cascas de laranja, porém não possui muita resistência. O material poderia ser utilizado em impressoras 3D de alimentos.

Pontos positivos: A cor das cascas de laranja é mantida.

Pontos negativos: Extremamente frágil.



1. Filamento obtido pela mistura entre cascas de laranja e amido de milho



2. Extrusão do material

Fig.78 - Imagens da experiência descrita na tabela 14 (imagem da autora).

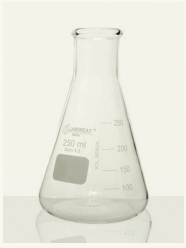
ENSAIO 7	FASE 3 - ENSAIOS COM CASCAS DE FRUTA + BIOPOLÍMEROS - EXTRUSÃO
OBJETIVOS	Desenvolver um filamento composto por cascas de fruta e PLA, que possa ser utilizado no método de fabrico aditivo (FDM).
RESÍDUOS	Casca de Limão (1g).
MATERIAIS	PLA Ingeo™ 3251D NatureWorks® (30g)
EQUIPAMENTOS	Balança Scale House Eletronic Weighing  Frascos de vidro  Extrusora Noztek Pro 
PASSOS	1. O PLA foi pesado na balança dentro um frasco de vidro. 2. As cascas de limão foram pesadas e adicionadas ao PLA. 3. Os materiais foram misturados no frasco manualmente. 4. Os materiais foram depositados na extrusora a uma temperatura de 190°C.

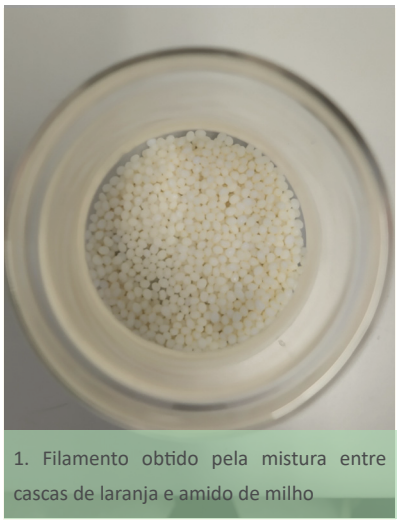
Tabela 15 : Descrição do processo de desenvolvimento de amostras de filamentos com cascas de limão e PLA (tabela desenvolvida pela autora).

Conclusões: O filamento obtido tem uma característica visual interessante. As cascas de limão sofreram alteração de cor durante a fase de mistura dos materiais na extrusora. A casca de limão possuí menor resistência ao calor do que o PLA. Além disso, foi percebido que a proporção de cascas de limão influencia na resistência do filamento. Em um segundo teste foram adicionadas 3g de casca para a mesma quantidade de PLA (30g). O resultado foi um material extremamente frágil com alta porosidade.

Outra observação se encontra na dificuldade em manter uma uniformidade entre os componentes do material durante a mistura, pois ao alimentar a extrusora, as cascas se dispersam e não são incluídas de forma constante com o PLA. Uma hipótese levantada é realizar a mistura dos componentes previamente, antes de inserir os materiais na extrusora. A extrusora na qual a amostra foi desenvolvida não produz um filamento constante de 1,75mm. O que inviabiliza que o filamento possa ser utilizado posteriormente em uma impressora 3D, e implica a realização de outra experiencia com o objetivo de conseguir um filamento com maior precisão de diâmetro.

Pontos positivos: As cascas de laranja influenciam na coloração do PLA. O padrão formado no filamento é interessante.

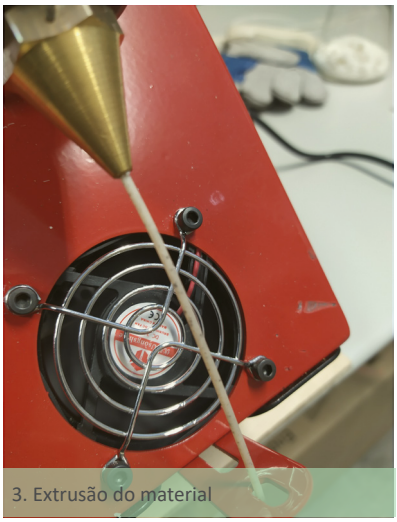
Pontos negativos: Baixa percentagem de casca de laranja que pode ser adicionada diretamente na extrusora. As cascas de laranja são queimadas e perdem propriedades durante o processo.



1. Filamento obtido pela mistura entre cascas de laranja e amido de milho



2. Mistura de PLA com casca de limão na extrusora



3. Extrusão do material

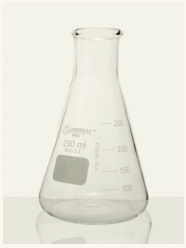
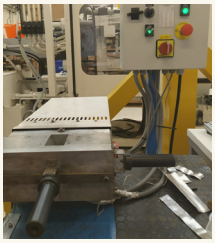


4. Filamento obtido



5. Filamento com maior porcentagem de casca

Fig.79 - Imagens da experiência descrita na tabela 15 (imagem da autora).

ENSAIO 8	FASE 3 - ENSAIOS COM CASCAS DE FRUTA + BIOPOLÍMEROS - EXTRUSÃO
OBJETIVOS	1. Misturar os componentes anterior a extrusão do filamento. 2.Desenvolver um filamento composto por cascas de laranja e PLA, que possa ser utilizado no fabrico aditivo (FDM). 3. Imprimir um teste com o filamento produzido.
RESÍDUOS	Casca de Laranja (43,55g) 10%
MATERIAIS	PLA Ingeo™ 4043D NatureWorks® (345,4 g) 90 % ficha técnica anexo 3.
EQUIPAMENTOS	Balança Scale House Eletronic Weighing  Frascos de vidro  Misturador tipo Brabender  Granulador Dynisco  Extrusora 3Devo.  Impressora 3D Prusa i3 MK2 
PASSOS	1. O pó de casca de laranja e o PLA foram pesados na balança nas quantidades listadas acima. 2. A seguir, primeiramente, o PLA foi introduzido ao misturador com a temperatura de 190°C, durante 5 min, com a rotação de 20 (rpm). 3. A seguir, o pó de casca de laranja foi adicionado ao misturador, e foi realizada a mistura por mais 5 minutos, com a rotação de 30 (rpm).

	4. O material compósito foi retirado do misturador e separado em pedaços pequenos, e depois de arrefecido, o material foi passado pelo granulador Dynisco, e foi triturado.
	5. Preparação do filamento : Foi introduzido os grãos do material compósito na extrusora 3Devo, com a configuração de um programa padrão para o material PLA para produção de filamento de 1,75mm.
	6. Foi impresso o teste de um cubo de 1 cm vazado com o filamento obtido. As configurações de impressão utilizadas podem ser visualizadas no anexo 4.

Tabela 16 : Descrição do processo de desenvolvimento de amostras de filamentos com cascas de laranja e PLA (tabela desenvolvida pela autora).

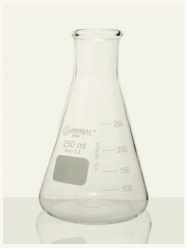


Fig.80 - Imagens da experiência descrita na tabela 16 (imagem da autora).

Conclusões: No ensaio 8, foi possível obter um filamento com uma porcentagem de casca de laranja muito maior do que a utilizada no ensaio descrito anteriormente. O filamento obtido possui uma textura e aparência diversa dos filamentos apenas de PLA. A temperatura de fusão da matriz polimérica PLA é alta em comparação com o limite de temperatura que as cascas de laranja suportam. Por este motivo, as cascas de laranja queimaram durante a mistura, o que proporcionou a alteração de cor do filamento. Uma hipótese futura é mudar a matriz polimérica por um polímero com menor temperatura de fusão, para tentar manter a coloração da casca de laranja. Apesar do filamento apresentar uma textura regular, é possível notar pontos em que o diâmetro do filamento ainda apresenta algumas irregularidades. Sobre a peça impressa, é possível notar que o resultado é de uma superfície mais lisa, em comparação com o aspecto do filamento, além da coloração também ser mais clara.

Pontos positivos: As cascas de laranja influenciam na coloração do PLA. A textura do filamento é interessante e diversa do filamento de PLA sem o aditivo. A coloração resultante do filamento provém das cascas de laranja.

Pontos negativos: Filamento pouco maleável e com irregularidades, o diâmetro do filamento não é constante, e possuí pontos maiores do que 1,80mm, o que impossibilita a sua utilização na impressora. As cascas de laranja são queimadas e perdem propriedades durante o processo.

ENSAIO 9	FASE 3 - ENSAIOS COM CASCAS DE FRUTA + BIOPOLÍMEROS - EXTRUSÃO
OBJETIVOS	1. Manter a coloração original das cascas de laranja na mistura. 2.Desenvolver um filamento composto por cascas de laranja e TPS, que possa ser utilizado no fabrico aditivo (FDM).
RESÍDUOS	Casca de Laranja (21,62g) 5%
MATERIAIS	TPS Unik Biopar® PG1017 (410,96 g) 95 % ficha técnica anexo 4.
EQUIPAMENTOS	Balança Scale House Eletronic Weighing  Frascos de vidro  Misturador tipo Brabender  Granulador Dynisco  Extrusora 3Devo. 
PASSOS	1. O pó de casca de laranja e o TPS foram pesados na balança nas quantidades listadas acima. 2. A seguir, primeiramente, o TPS foi introduzido ao misturador com a temperatura de 130°C, durante 5 min, com a rotação de 20 (rpm). 3. A seguir, o pó de casca de laranja foi adicionado ao misturador, e foi realizada a mistura por mais 3 minutos, com a rotação de 30 (rpm).

	4. O material compósito foi retirado do misturador e separado em pedaços pequenos, e depois de arrefecido, o material foi passado pelo granulador Dynisco, e foi triturado em grãos.
	5. Preparação do filamento : Foi introduzido os grãos do material compósito na extrusora 3Devo, com a configuração de um programa de 150° C, 160°C, 160°C, 150°C, 60% (ventilação) e 5rpm, para produção de filamento de 1,75mm.
	6. Foi desenvolvida uma amostra tecida com o filamento desenvolvido, pois não foi possível realizar uma amostra por impressão 3D.

Tabela 17: Descrição do processo de desenvolvimento de amostras de filamentos com cascas de laranja e TPS (tabela desenvolvida pela autora).



Fig.81 - Imagens da experiência descrita na tabela 17 (imagem da autora).

Conclusões: A mistura entre o material TPS e as cascas de laranja resultaram em um material compósito com coloração mais aproximada a das cascas da fruta. A mistura entre os componentes é uniforme. O filamento resultante possui a característica de ser extremamente flexível, com toque emborrachado e opaco. Por tratar de um material novo, as configurações da extrusora para este material ainda não haviam sido definidas. Por este motivo o filamento resultante apresenta grande variação de diâmetro o que impossibilita a utilização do material em uma impressora 3D. São necessários novos testes para definir qual a configuração exata da extrusora para obter um filamento uniforme. Apesar disso, a partir da amostra desenvolvida manualmente com tecelagem manual do filamento é possível perceber a aparência do material quando aplicado em uma amostra.

Pontos positivos: As cascas de laranja influenciam na coloração do aglutinante. O material é muito maleável e possibilita desenvolver amostras tecidas.

Pontos negativos: Baixa percentagem de casca de laranja que pode ser adicionada. As cascas de laranja ainda são queimadas e perdem propriedades durante o processo.

ENSAIO 10	FASE 3 - ENSAIOS COM CASCAS DE FRUTA + BIOPOLÍMEROS - EXTRUSÃO
OBJETIVOS	.Desenvolver um filamento composto por cascas de laranja e TPS, que possa ser utilizado no método de fabrico aditivo (FDM).
RESÍDUOS	Casca de Laranja (21,62g) 5%
MATERIAIS	TPS Unik Biopar® PG1017 (410,96 g) 95 % ficha técnica anexo 4.
EQUIPAMENTOS	Extrusora 3Devo.  Impressora 3D Prusa i3 MK2 
PASSOS	1. O filamento do material compósito desenvolvido no ensaio 9 foi cortado em pequenos pedaços para desenvolver um novo o teste de extrusão. 2. Preparação do filamento : Foi introduzido os grãos do material compósito na extrusora 3Devo, com a configuração de um programa de 135°C, 65% (ventilação), 4.0 rpm, para produção de filamento de 1,75mm. 3. Foi desenvolvida a amostra de três cubos na impressora, com parâmetros de impressão diversos para perceber qual seria o mais apropriado para o material. Temperatura de 240°C e mesa de 80°C, mas com variação na ventoinha. No primeiro 100%, no segundo 66% e no terceiro com 15%.

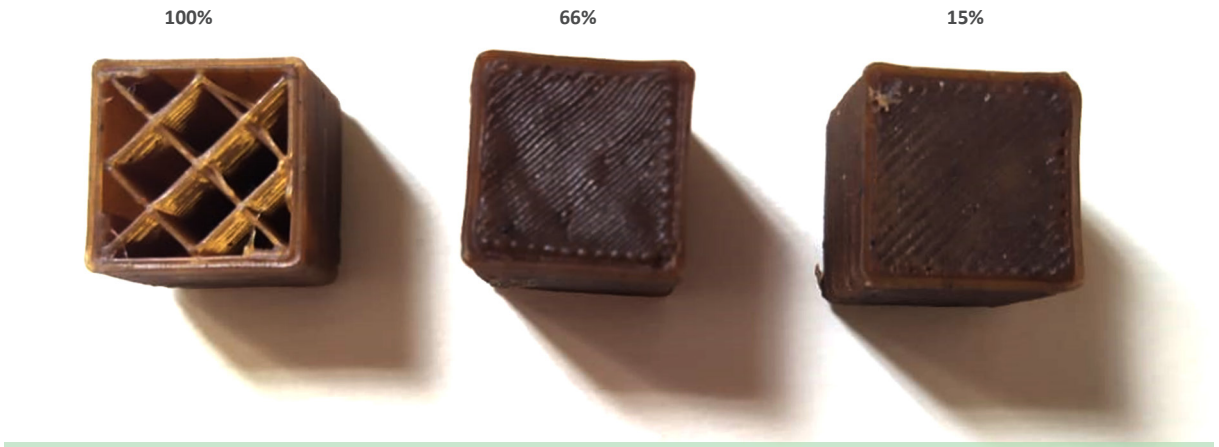
Tabela 18: Descrição do processo de desenvolvimento de amostras de filamentos com cascas de laranja e TPS (tabela desenvolvida pela autora).



1. Filamento do material utilizado



2. Filamento cortado em pequenos pequenos pedaços para extrusão



3. Impressão com o filamento desenvolvido.

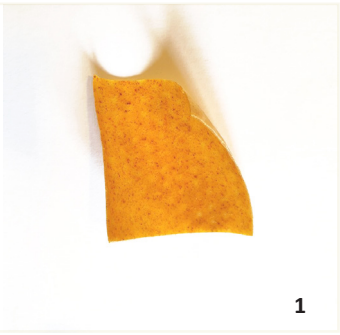
Fig.82 - Imagens da experiência descrita na tabela 18 (imagem da autora).

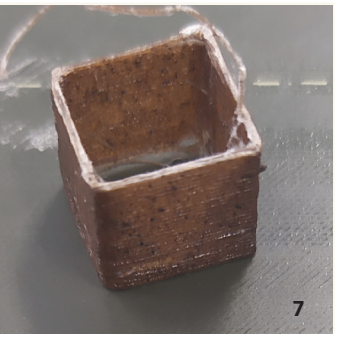
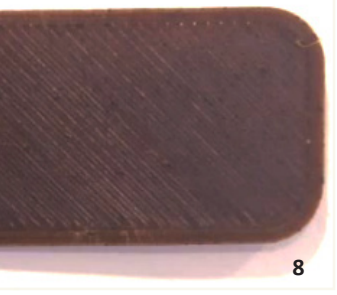
Conclusões: Com o segundo teste de extrusão ficou evidente a possibilidade em produzir objetos com o material desenvolvido. Porém ainda são necessários testes mais apurados para definir os parâmetros ideais para a impressão com o material.

Pontos positivos: A amostra resultante representa a possibilidade em utilizar o material desenvolvido em técnicas de fabrico aditivo.

Pontos negativos: A amostra resultante apresenta imperfeições e deve ser realizado novos testes para que seja possível definir os parâmetros ideais de impressão.

3.4.6 Tabela comparativa das amostras

	CASCAS DE LARANJA			
	EQUIPAMENTOS	COMPONENTES	PROCESSO	OBSERVAÇÃO
 1	Recipiente e colher Molde com textura resistente ao calor. Forno	Casca de Laranja : 1g Biopolímero de Amido de Tapioca Composição: Amido de tapioca 40g Glicerina 4g Vinagre 25ml Água 50ml	1. Mistura do resíduo com aglutinante . 2. Molde em forma plana. 3. Secagem no forno por 150°C por 6 minutos, e fora do forno por 72 horas.	A amostra começa a vergar no proesso de secagem fora do frono. É resistente, mas não muito maleável.
 2	Recipiente e colher Molde resistente ao calor. Forno	Casca de Laranja : 1g Biopolímero de Amido de Milho Composição: Amido de milho 20g Glicerina 4g Vinagre 25ml Água 50ml	1. Mistura dos resíduos com aglutinante . 2. Molde em forma plana. 3. Secagem no forno por 150°C por 6 minutos, e fora do forno por 72 horas.	A amostra começa a vergar no proesso de secagem fora do frono. É resistente e possuí alta maleabilidade.
 3	Recipiente e colher Seringa para extrusão	Casca de Laranja : 1g Biopolimero de Amido de Milho Composição: Amido de milho 40g Glicerina 4g Vinagre 25ml Água 50ml	1. Fazer aglutinante 2. Misturar as cascas de fruta com o aglutinante 3. Extrusão na seringa de metal. 4. Deixar secar naturalmente por 72 horas.	Frágil e com grande tentência a quebra.
 4	Molde de Silicone resistente ao calor Colher	Casca de Laranja : 1g PLA 15g	1. Aquecer o PLA no molde no forno por 40 minutos a 220°C. 2. Misturar as cascas de fruta com o PLA. 3. Fechar o molde.	Resistente, não possui uma mistura com as cascas muito homogênea. Superfície lisa e padrão irregular.
 5	Molde de Silicone resistente ao calor Colher	Casca de Laranja : 1g Resina de Pinheiro 10g	1. Aquecer a resina de pinheiro no molde. 2. Misturar as cascas de fruta com a resina. 3. Aguardar arrefecer. 4. Desmoldar	Não é resistente, parte com muita facilidade. A mistura com o resíduo é bastante uniforme.

	EQUIPAMENTOS	COMPONENTES	PROCESSO	OBSERVAÇÃO
	Misturador de polímeros Granulador Dynisco Extrusora 3Devo	Casca de Laranja (43,55g) 10% PLA (345,4 g) 90 %	1. Mistura do resíduo com aglutinante . 2. Extrusão de um filamento.	Amostra com textura rugosa e coloração escura.
	Impressora 3D PRUSA I3 MK2	Casca de Laranja (43,55g) 10% PLA (345,4 g) 90 %	1. Impressão de um cubo com o filamento de PLA e cascas de laranja.	Amostra com certa transparência. Padrão irregular e com pontos mais escuros.
	Impressora 3D PRUSA I3 MK2	Casca de Laranja (43,55g) 10% PLA (345,4 g) 90 %	1. Impressão de uma peça plana com o filamento.	Amostra com certa transparência. Padrão irregular e com pontos mais escuros. Superfície lisa ao toque.
	Misturador de polímeros Granulador Dynisco Extrusora 3Devo	Casca de Laranja (21,62g) 5% TPS Unik Biopar® PG1017 (410,96 g) 95 %	1. Mistura do resíduo com aglutinante . 2. Extrusão de um filamento.	Amostra Flexível, toque emborrachado e coloração clara.
	Manual	Casca de Laranja (21,62g) 5% TPS Unik Biopar® PG1017 (410,96 g) 95 %	1. Desenvolver uma amostra com o filamento de cascas de laranja e TPS.	Amostra Flexível, toque emborrachado e coloração clara.

	CASCAS DE LIMÃO			
	EQUIPAMENTOS	COMPONENTES	PROCESSO	OBSERVAÇÃO
 6	Recipiente e colher Molde com textura resistente ao calor. Forno	Biopolímero de Amido de Tapioca Composição: Amido de tapioca 40g Glicerina 4g Vinagre 25ml Água 50ml Casca de Limão : 1g	1. Mistura do resíduo com aglutinante . 2. Molde em forma plana. 3. Secagem no forno por 150°C por 6 minutos, e fora do forno por 48 horas.	A amostra começa a vergar no proesso de secagem fora do frono. É resistente, mas pouco maleável.
 7	Recipiente e colher Molde com textura resistente ao calor. Forno	Biopolímero de Amido de Tapioca Composição: Amido de tapioca 40g Glicerina 4g Vinagre 25ml Água 50ml Casca de Limão : 1g	1. Mistura do resíduo com aglutinante . 2. Molde em forma plana. 3. Secagem no forno por 150°C por 6 minutos, e fora do forno por 48 horas.	A amostra começa a vergar no proesso de secagem fora do frono. É resistente, não muito maleável.
 8	Molde de Silicone resistente ao calor Colher Forno	PLA 15g Casca de Limão : 1g	1. Aquecer o PLA no molde no forno por 40 minutos a 220°C. 2. Misturar as cascas de fruta com o PLA. 3. Fechar o molde. 4. Desmoldar.	Resistente, não possui uma mistura com as cascas muito homogênea.
 9	Molde de Silicone resistente ao calor Colher Forno	PLA 15g Casca de Limão : 1g	1. Aquecer o PLA já no molde no forno por 40 minutos a 220°C. 2. Misturar as cascas de fruta com o PLA. 3. Fechar o molde.	Resistente, não possui uma mistura com as cascas muito homogênea.
 10	Molde de Silicone resistente ao calor Colher	PLA 15g Casca de Limão : 1g	1. Aquecer o PLA em uma panela por 30 minutos em fogo alto. 2. Misturar as cascas de fruta com o PLA. 3. Colocar no molde e fechar.	Resistente, não possui uma mistura com as cascas muito homogênea. A casca de limão teve coloração alterada por ter sido misturada em alta temperatura por muito tempo.

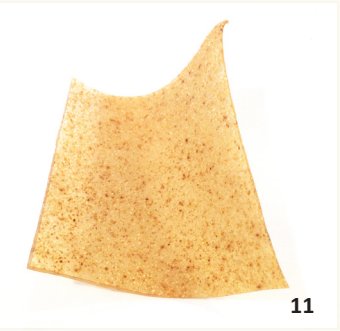
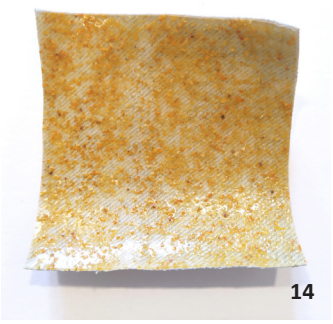
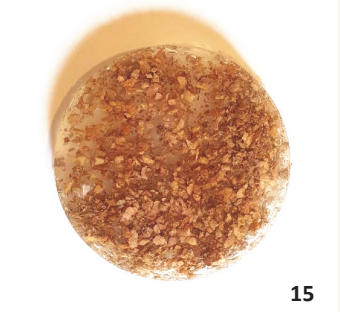
	EQUIPAMENTO	COMPONENTES	PROCESSO	OBSERVAÇÃO
 11	Recipiente e colher Molde resistente ao calor. Forno	Casca de Limão: 1g Biopolímero de Amido de Tapioca Composição: Amido de tapioca 20g Glicerina 4g Vinagre 25ml Água 50ml	1. Mistura do resíduo com aglutinante . 2. Molde em forma plana. 3. Secagem no forno por 150°C por 6 minutos, e fora do forno por 48 horas.	A amostra começa a vergar no proesso de secagem fora do frono. É resistente e maleável.
 12	Extrusora Noztek Pro	Casca de Limão 1g Biopolímero PLA 30g	1. Mistura do resíduo com aglutinante . 2. Depositar materiais na extrusora à 190°C	Filamento apresenta frágil e com padrão inconstante. Irregularidade de diâmetro.
 13	Extrusora Noztek Pro	Casca de Limão 3g Biopolímero PLA 30g	1. Mistura do resíduo com aglutinante . 2. Depositar materiais na extrusora à 190°C	Filamento muito frágil, irregular e com alta porosidade.
 14	Recipiente e colher Molde resistente ao calor. Forno	Casca de Limão 1g Biopolímero de Amido de Tapioca e Tecido Composição: Amido de tapioca 20g Glicerina 4g Vinagre 25ml Água 50ml	1. Mistura do resíduo com aglutinante . 2. Molde em forma plana. 3. Secagem no forno por 150°C por 6 minutos, e fora do forno por 48 horas.	É resistente e muito maleável. Tem o comportamento similar ao de um tecido com acabamento emborrachado.
 15	Recipiente e colher Molde de silicone resistente ao calor. Forno	Casca de Maracujá 1g PLA 15g	1. Aquecer o PLA já no molde no forno por 40 minutos a 220°C. 2. Misturar as cascas de fruta com o PLA. 3. Fechar o molde.	Resistente, não possui uma mistura com as cascas muito homogênea.

Tabela 18: Tabela comparativa com todas as amostras desenvolvidas durante o plano experimental da investigação (tabela desenvolvida pela autora).

3.4.7 Conclusões plano experimental

O plano experimental abrangeu dois cenários de manipulação dos bio-residuos, no primeiro contexto foi desenvolvido uma investigação com materiais que possam ser realizados no contexto doméstico, não incluem equipamentos específicos de alto custo, e por este motivo, podem ser desenvolvidos de modo relativamente mais simples. Ao mesmo tempo o plano experimental também desenvolveu ensaios no contexto de laboratório, porém com equipamentos industriais. A partir da realização do plano experimental foi possível levantar algumas conclusões sobre como as diferentes matrizes poliméricas resultam em conjunto com as cascas de fruta. Relativamente as cascas de fruta, foi possível perceber que as experiências com melhores amostras obtidas, foram a partir dos testes com as cascas de limão e laranja. Relativamente a dimensão dos grãos provenientes da trituração das cascas, é possível perceber que o pó de cascas mais fino é distribuído nos aglutinantes de forma homogênea, tanto nas amostras de PLA como nas amostras de Amido.

Relativamente aos tipos de matrizes utilizadas, o Amido de Tapioca apresenta maior flexibilidade em comparação com o Amido de milho, quando o material é retirado do forno, e após o processo de secagem estar completo. As amostras de PLA apresentam maior rigidez em comparação com as amostras do amido, além de apresentarem melhores propriedades em relação a durabilidade da amostra. Por último, foi possível concluir que a quantidade de cascas de fruta influencia na resistência do material, principalmente nas amostras de filamento produzidos por extrusão, o que demonstra que as proporções de casca devem ser definidas de acordo com a quantidade da matriz polimérica. As amostras produzidas com o filamento, expõem a possibilidade de produzir o material a partir da tecnologia de fabrico aditivo, e exclui a necessidade de molde e amplia as aplicações de design. No anexo 7 é possível visualizar a biblioteca de amostras desenvolvida a partir dos ensaios desenvolvidos durante o plano experimental.

Pontos positivos: A partir do desenvolvimento do plano experimental foi possível perceber que as cascas de fruta ao serem adicionadas a uma matriz polimérica provoca naturalmente uma alteração de coloração na amostra. Além de influenciar na cor do material resultante, as cascas de fruta também alteram a textura do material, principalmente nas amostras desenvolvidas com amido, o que torna as amostras interessantes a nível visual e tátil. Neste caso, um ponto positivo a ser evidenciado é a capacidade dos bio-resíduos alterarem a aparência das matrizes biopoliméricas.

Pontos negativos: As matrizes poliméricas da indústria alimentar podem ser desenvolvidas de modo mais simples, porém por serem materiais altamente biodegradáveis, os tipos de aplicações são restritos. Relativamente as amostras desenvolvidas com PLA, é possível perceber que apesar de resultarem em um material para uma gama de aplicações mais ampla, não consegue manter as características interessantes de coloração e textura das cascas de laranja.

3. 5 MDD (Material driven design) e MDMS (Meaning driven Material Selection)

Após o desenvolvimento do plano experimental, percebeu-se que as amostras de materiais compósitos obtidos, possuem características visuais e propriedades distintas. Isso varia de acordo com o resíduo utilizado, o tipo de aglutinante e o processo produtivo. Por este motivo, foi optado por aplicar metodologias de design com o foco na aplicação dos materiais no design de produto. Nestas metodologias, a percepção do utilizador e a experimentação com o material é considerada importante como parte do processo de seleção dos materiais que serão aplicados aos produtos.

Desta forma, optou-se por utilizar o método MDD (Material Driven Design) que tem como base o design de experiência, mas neste caso, com o foco nos materiais. O intuito do método é compreender como o material é manuseado e experimentado pelos utilizadores, e depois analisar e interpretar os resultados das pesquisas, manifestados em padrões que podem inspirar intenções de design traduzidas em produtos (Karana et al., 2015). A utilização deste método contribui para perceber a opinião dos possíveis utilizadores sobre os materiais. De acordo com Karana et al. (2015), os designers que conseguem perceber as relações entre o utilizador do produto e o material nos diversos contextos, possuem maiores chances de manipular os materiais de modo a criar experiencias inovadoras.

De acordo com Karana (2015), o método descreve três cenários possíveis de aplicação. No primeiro, o contexto é o do design com um material bastante conhecido e completamente desenvolvido (madeira, titânio, polímeros etc.). Neste contexto, o designer procura investigar novos tipos de aplicações para estes materiais e propor novas experiências embutidas em produtos. No segundo cenário, o propósito é projetar com um material novo, que ainda não é amplamente conhecido pelas pessoas (madeira líquida, materiais com memória de forma, etc.) Neste contexto o designer tem a chance de atribuir significados a um material relativamente novo que ainda não possui uma identidade estabelecida. Por último, o terceiro cenário consiste no desenvolvimento de uma proposta de um conceito de material, com amostras semidesenvolvidas ou exploratórias (resíduos alimentares, impressão 3D de têxteis, etc.). Neste contexto, as propriedades técnicas dos materiais ainda não estão completamente definidas, e os métodos de produção são estabelecidos de acordo com a pesquisa do designer com o material (Karana et al., 2015). Este último cenário é o que se aplica a esta investigação.

A autora ainda descreve que o método apresenta quatro fases, que funcionam como etapas, que podem ser seguidas para facilitar o processo de design para encontrar uma aplicação ideal para o material. A primeira fase consiste em entender o material, tanto relativamente a propriedades técnicas, quanto as experenciais e percepções dos possíveis utilizadores. A segunda fase consiste em criar possíveis visões e experiências para o material, a partir da reflexão sobre o seu propósito, ao evidenciar suas características principais e únicas. A terceira consiste em criar padrões de percepção dos utilizadores sobre material, que a seguir levam a quarta etapa, que consiste na sintetização de toda informação recolhida em todas as fases preliminares, a partir da criação de conceitos de produtos e sugestão de aplicações para os materiais (Karana et al., 2015).

3.5.1 ETAPA 1 – Entender o material

De acordo com Karana (2015), no cenário de materiais novos e experimentais, as propriedades e características técnicas do material ainda não foram completamente desenvolvidas e estabelecidas através de testes com os padrões e normas técnicas de engenharia dos materiais. Neste contexto, as características principais do material são percebidas durante o plano experimental do designer, a partir da manipulação e experimentações com os materiais. Nas imagens da fig. 82 e 83, é possível visualizar os testes que foram realizados com as amostras, entre eles, testes de moldagem e extrusão, testes de impermeabilidade e solubilidade em água, resistência a tração (manual), testes de costura e corte do material, além da exposição do material em luz natural e artificial.



Fig.82 - 1. Amostra em molde de silicone 2. Análise de transparencia da amostra 3. Exposição de amostra em iluminação artificial 4. Exposição de amostra em iluminação artificial (imagem da autora)

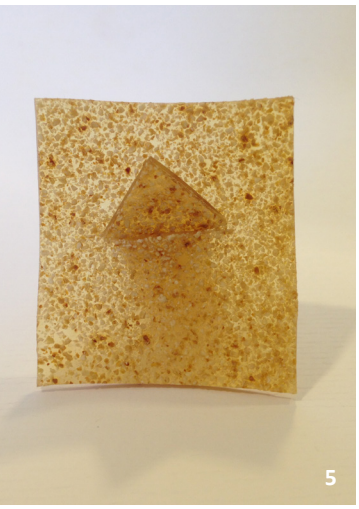
























Fig.83 - 5. Junção de amostras por encaixe 6.Corte de amostras e aplicação em tecido por costura 7. Junção de material por costura 8. Tecer com o filamento manualmente 9.Junção de filamentos por linhas tecidas nas extremidades 10. Filamento 11 e 12. Impressão de Filamento 13. Teste de solubilidade em água 14. Teste de impermeabilidade 15 e 16. Teste de corte em serra e lixadora elétrica (imagem

Relativamente a pesquisa experiencial com os utilizadores, foi utilizado o Mapa de Caracterização Experiencial da fig. 84 e 85 (anexo 7) do **MA2E4 Toolkit** (Camera & Karana, 2018), que foi desenvolvido pelas autoras com o propósito de colaborar na pesquisa com materiais ao considerar os quatro **níveis experenciais: sensorial, interpretativo, afetivo e performativo**. Sobre os participantes, foi estabelecido um perfil específico de utilizador entre 25-35 anos, sem especificar demais detalhes. No contexto da pandemia, na fase em que o país se encontrava em confinamento, foi possível realizar esta atividade apenas com o total de 10 participantes. Apesar de não ser uma quantidade muito representativa, o teste foi importante para gerar um primeiro levantamento de dados sobre as amostras.



Fig 84 - Realização de pesquisa com utilizadores com auxílio do mapa de caracterização experencial (imagem da autora).

Foram apresentadas aos participantes todas as amostras realizadas durante o plano experimental, a seguir foi solicitado que as pessoas selecionassem a sua amostra favorita para realização do teste com o auxílio do mapa. A partir das escolhas dos participantes, foi possível separar as amostras em dois grupos, grupo A que consiste nas amostras maleáveis (matriz amido), selecionadas por 6 pessoas. Grupo B (matriz PLA), amostras não maleáveis, selecionadas por 4 pessoas. A seguir é possível perceber os resultados dos testes ilustrados pelos gráficos de acordo com cada etapa percorrida com o mapa.



Fig.85 - Mapa de Caracterização Experiencial (imagem em escala maior no anexo 7) do MA2E4 Toolkit (imagem adaptada de Camera & Karana, 2018).

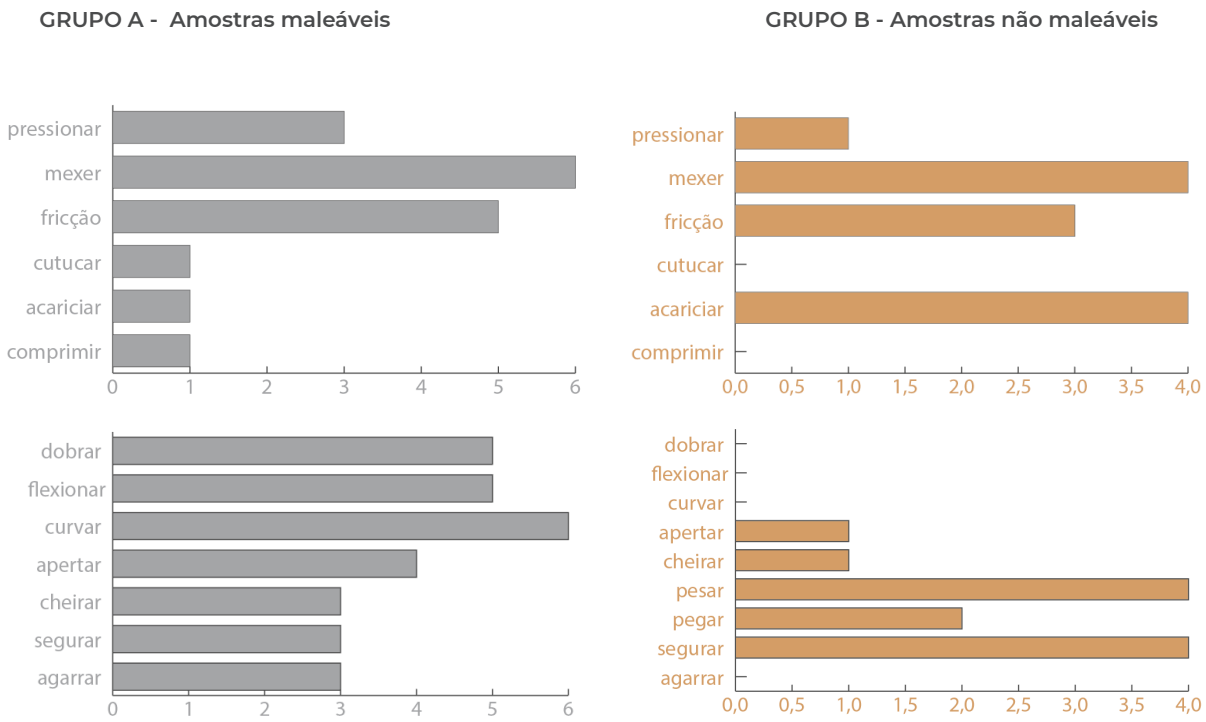


Fig.86- Resultados com os participanetes da pesquisa, na primeira fase do mapa, nível performativo dos dois grupos de materiais A e B (imagem desenvolvida pela autora).

O **nível performativo** está relacionado a como os materiais direcionam as atitudes das pessoas, no sentido da interação manual (Camera & Karana, 2018), foi observado como os participantes tocavam e moviam cada amostra. Foi percebido que os participantes interagiam de forma diversa, nas amostras do grupo A, os participantes tiveram a tendencia de movimentar o material com maior segurança e intensidade. Nas amostras do grupo B, a tendencia percebida foi uma interação mais cuidadosa e calma, os resultados podem ser visualizados por meio do gráfico da fig. 86.

O **nível sensorial** representa como os utilizadores percebem os materiais de acordo com os sentidos, esta parte do mapa explora a interação a partir dos aspectos visuais, táteis e olfativos dos utilizadores com o material. Percebeu-se que as percepções dos participantes foram contrárias entre os dois grupos, A e B. O que salientou as características diversas entre os dois grupos de materiais. Todas as respostas foram identificadas e podem ser visualizadas pelo gráfico da fig.87.

GRUPO A - Amostras maláveis



GRUPO B - Amostras não maleáveis

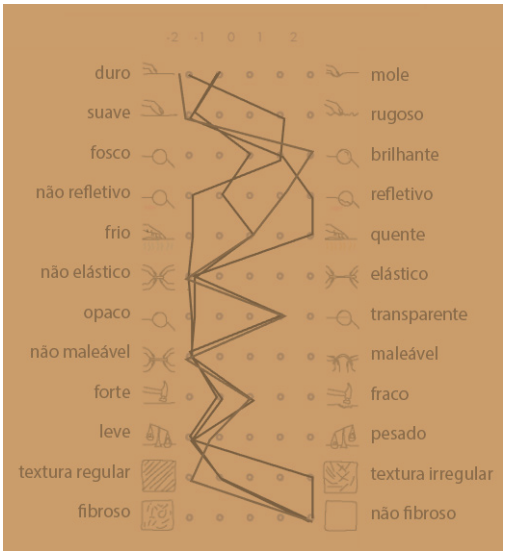


Fig.87 - Os resultados da segunda fase do mapa é relativo as percepções sensoriais, ou seja, como os participantes descreveram o material na escala apresentada (imagem desenvovlida pela autora a partir da adaptação de (Camera & Karana, 2018).

No **nível interpretativo** é possível analisar os materiais de acordo com as características significativas, ou seja, o que eles representam a nível de significado (Camera & Karana, 2018). Nesta fase foi apresentada a lista de significados presentes no mapa, a seguir, foi solicitado que os participantes escolhessem três significados que fossem coerentes com a amostra em suas mãos. Na fig. 88 é possível visualizar os significados e as imagens que foram mais recorrentes entre as escolhas dos participantes.

GRUPO A - Amostras maláveis

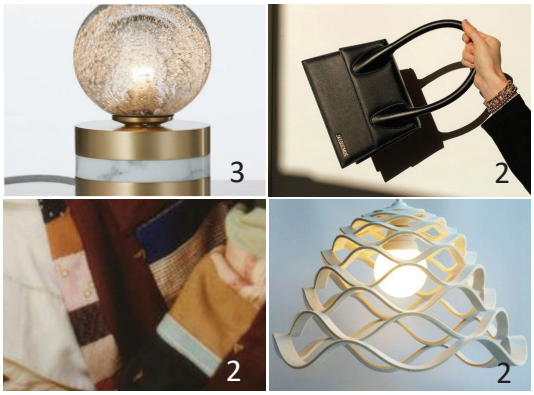
estranho *feito à mão*



acolhedor *natural*

GRUPO B - Amostras não maláveis

elegante



nostálgico *feminino*

Fig.88 - Resultados do Nível interpretativo do mapa, as palavras e a quantidade de vezes que as pessoas atribuiram cada palavra para as amostras do grupo A e B (painel de imagens desenvovlido pela autora a partir de imagens do banco de referências e deposito de imagens Pinterest.nd).

Para a última fase do mapa, na qual é considerado o **nível afetivo**, foi solicitado aos participantes que escolhessem três emoções que os materiais emitiam de acordo com a percepção de cada participante da pesquisa. Como exemplo, foi percebido que nas amostras do grupo A, as palavras mais selecionadas foram: curiosidade e diversão. Os participantes justificaram essas escolhas principalmente pela textura do material, alguns dos participantes a relacionaram a objetos de jogos de equipa. Para as amostras do grupo B, a palavra mais selecionada foi: atração. Os participantes relacionaram essa emoção com a superfície brilhante das amotras, e justificaram ao dizer que estes materiais possuem semelhanças com os objetos de joalheria. Os resultados desta fase podem ser visualizados no gráfico da fig. 89.

Relativamente as **reflexões finais**, os participantes sobre as amostras do grupo A disseram que a sensação de conforto que é produzida pela mistura entre a textura, a cor e a flexibilidade tornam o material atraente, além de possuir uma aparência única e diversa dos demais materiais que conhecem. Por outro lado, disseram que o aspecto mais desagradável é a insegurança relativa à fragilidade do material, muitos tiveram medo de partir a amostra enquanto a manuseavam. Para o grupo B, a característica mais agradável mencionada foi a superfície lisa do material e a presença de um padrão irregular interno formado pelas cascas de frutas, o que chamou a atenção dos participantes.

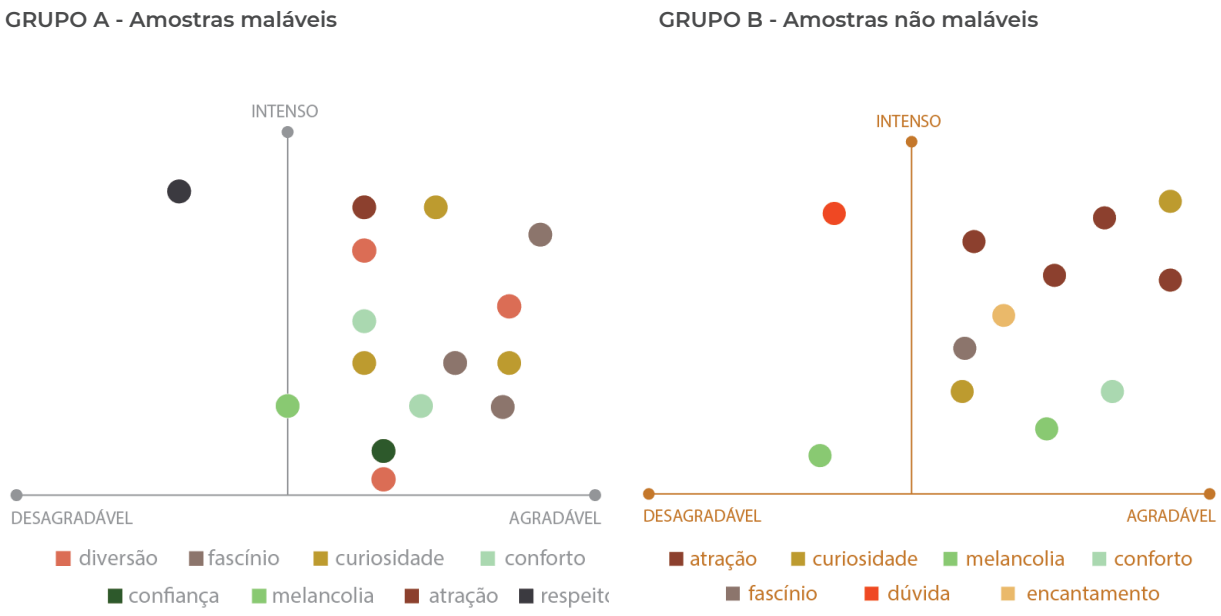


Fig.89- Resultados do Nível afetivo, as palavras e a quantidade de vezes que as pessoas atribuiram cada palavra as amostras do grupo A e B. (imagem desenvolvida pela autora).

A seguir, após a finalização da pesquisa com os utilizadores com o auxílio do mapa de caracterização experiencial, foi desenvolvido uma tabela de **benchmarking** (tabela 19). O propósito foi comparar os projetos de design realizados com bioresíduos, pesquisados durante o desenvolvimento do estado da arte. O intuíto foi perceber em quais tipos de produtos ou áreas estes materiais são normalmente aplicados, além de descrever as características destes materiais para depois comparar-los com as amostras desenvolvidas durante o plano experimental.

						
	Agricola Resíduos em fibras da indústria agricola	**Bibol** Resíduos em casca de oco, artesanato local	**Solskin Design** (imagem de Design Break,n.d) Resíduo em Cascas de laranja	**O-Trash** Resíduo alimentar doméstico	**From Peel to Peel** Biopolímero de resíduos de cascas	**Sapatos de Pirarucu** (imagem de Osklen,n.d) Couro de resíduo alimentar
Aplicações						
Decoração	sim	sim	sim	não	não	não
Estrutural	não	não	não	não	não	não
Embalagem	não	não	não	não	sim	não
Produto aplicado relacionado a comida	não	sim	sim	não	sim	não
Qualidades de experiencias e possíveis problemas						
Cor Natural	revelada	revelada	revelada	revelada	revelada	revelada
Imperfeição	alta	nenhuma	alta	alta	baixa	baixa
Rugosidade	alta	baixa	alta	alta	baixa	alta
Fibras visíveis	sim	não	não	não	não	não
Padrão único	sim	sim	sim	sim	não	sim
Envelhecimento	não perceptível	não perceptível	perceptível	perceptível	não perceptível	perceptível
Autenticidade	alto	alto	alto	alto	baixo	alto
Aparência natural	alto	médio	alto	alto	baixo	alto
Outras questões emergentes no design						
	material proveniente de recursos locais e que se degradam facilmente	material proveniente de recursos locais, atrelado a cultura e artesanato local	recursos locais, aplicação de possíveis resíduos	reeducação de utilizadores sobre desperdício alimentar	aplicação de desperdício alimentar na produção de biopolímeros para produtos de rápido descarte.	aplicação de desperdício alimentar em produtos de vestuário

Tabela 19 - Tabela de benchmarking que compara projetos similares que surgiram a partir da reciclagem de de resíduo alimentar (tabela desenvolvida pela autora a partir da análise de projetos pesquisados na fase de pesquisa de mercado).

3.5.2 ETAPA 2 – Concepção de experiencias entre utilizador e o material

GRUPO A - Amostras maláveis



Caracteristicas Sensoriais	Caracteristicas Interpretativas	Caracteristicas Afetivas
Maleábilidade Textura Regular Dupla superfície (lisa e rugosa) Apresenta cor natural do resíduo Possuí um padrão único	Natural (lembra objetos de origem natural) Estranho (algo incomum) Feito à mão (remete a artesanato) Agressivo	Fascínio Diversão Conforto Curiosidade

Observações : Feitas com material de alta biodegradabilidade (amido de culinária) e alta solubilidade em água, apesar de ser impermeável quando exposto por pouco tempo a água.

GRUPO B - Amostras não maleáveis



Caracteristicas Sensoriais	Caracteristicas Interpretativas	Caracteristicas Afetivas
Não Maleável Textura irregular Superfície lisa e suave Resitente a tração manual Interessante relação com a luz	Elegante (com superfície brilhante remete à objetos de valor) Feminino (remete a objetos femininos como joalheria)	Curiosidade Atração Encantamento.

Observações : Amostras feitas com mistura de PLA indusrial, o que confere maior resistência a solubilidade em água, não são flexíveis. Podem ser produzidas por meio de molde, ou por impressão 3D.

Tabela 20 - Tabela que sintetiza informações percebidas a partir da fase 1 do MDD (tabela elaborada pela autora).

A partir das análises e comparações entre as informações levantadas na etapa 1 do MDD, foi possível sintetizar as informações e analisar as qualidades das amostras de cada grupo, é possível visualizar esta síntese pela tabela 20. O objetivo em desenvolver foi compreender quais características dos materiais poderiam ser evidenciadas de modo que aumentassem a originalidade de um possível produto e proporcionassem uma experiência única ao utilizador a partir da aplicação do material.



Fig. 90- MInd-Map realizado na etapa 2, para compreender as experiências que o material pode proporcionar aos utilizadores a partir das associações com os pontos principais da investigação (figura desenvolvida pela autora).

Na segunda etapa do MDD, as autoras expõem a importância do designer formular a experiência que pretende proporcionar ao utilizador a partir da aplicação do material, ou seja, nesta etapa o objetivo é definir qual a função e o propósito do material (Karana et al., 2015). Para esta etapa, foi desenvolvido um mind-map (fig. 90) com as principais questões levantadas durante o desenvolvimento da investigação informações levantadas no estado da arte, em conjunto com as observações adquiridas durante o plano experimental e da pesquisa com os utilizadores. É possível viasualizar o mind-map, na fig. 90 é sintetizada as principais temáticas da investigação que são abordadas pelo desenvolvimento do material. Entre o proposito do material é possível estabelecer que seu objetivo é a valorização dos bio-resíduos, a partir do conceito de design circular.

3.5.3 ETAPA 3 – Manifestação de padrões experenciais para o material

Nesta fase foi utilizada a metodologia MDMS (Meaning Driven Materials Selection), como suporte para a terceira etapa do MDD. Esta metodologia consiste em perceber certos padrões de significados que determinado tipo de utilizador associa aos materiais de acordo com a forma, o produto ou o contexto em que está aplicado (Karana, 2009.). Ao considerar as percepções do utilizador final desde a fase inicial do projeto, o designer constrói uma base de dados que podem servir de inspiração ou referência, que podem contribuir de forma positiva e criativa posteriormente na fase de manipulação e aplicação do material (Karana, 2009.). O objetivo da aplicação desta metodologia consiste em identificar e considerar os aspectos intangíveis de significados que os materiais possam transmitir aos utilizadores quando são aplicados em produtos, nos diversos contextos (Karana, 2009.). No contexto da investigação, este método foi aplicado para perceber quais significados ou possíveis aplicações os participantes da pesquisa associam aos materiais desenvolvidos de acordo com referencias visuais.

Para a realização desta metodologia, foram selecionadas as palavras-chave por meio de *brainstorm*, que poderiam direcionar o projeto: “Natural, Estranho, Atemporal e Valioso”. A intenção foi perceber como os utilizadores percebem e associam estas palavras atribuídas a materiais e objetos.

Ao início foi apresentado um painel (fig. 91) com diversas imagens aos participantes, a seguir foi solicitado que os mesmos escolhessem uma imagem e explicassem o motivo de tal escolha a partir da relação com cada palavra. A seguir, na tabela 21, é possível visualizar o painel apresentado aos participantes, e as imagens que foram escolhidas por eles para representar cada palavra.

Para dar continuidade, foram apresentadas novamente as amostras de materiais realizados no plano experimental aos participantes, e foi questionado que tipo de produto do painel, ou qualquer outro, eles sugeririam para aplicar o cada material e o motivo. Na tabela 22, é possível visualizar os resultados dos materiais que se repetiram, e a quantidade de vezes que cada aplicação foi mensionada como escolha dos participantes.

A partir desta atividade foi possível perceber o significado que os participantes atribuíram a cada palavra, quando um material é aplicado. Além disso, foi possível perceber como os utilizadores associam de modo espontaneo cada amostra a um tipo de produto que está presente no seu dia a dia.



Fig 91 - Realização de pesquisa MDMS com utilizadores, painel de referências (imagem da autora).

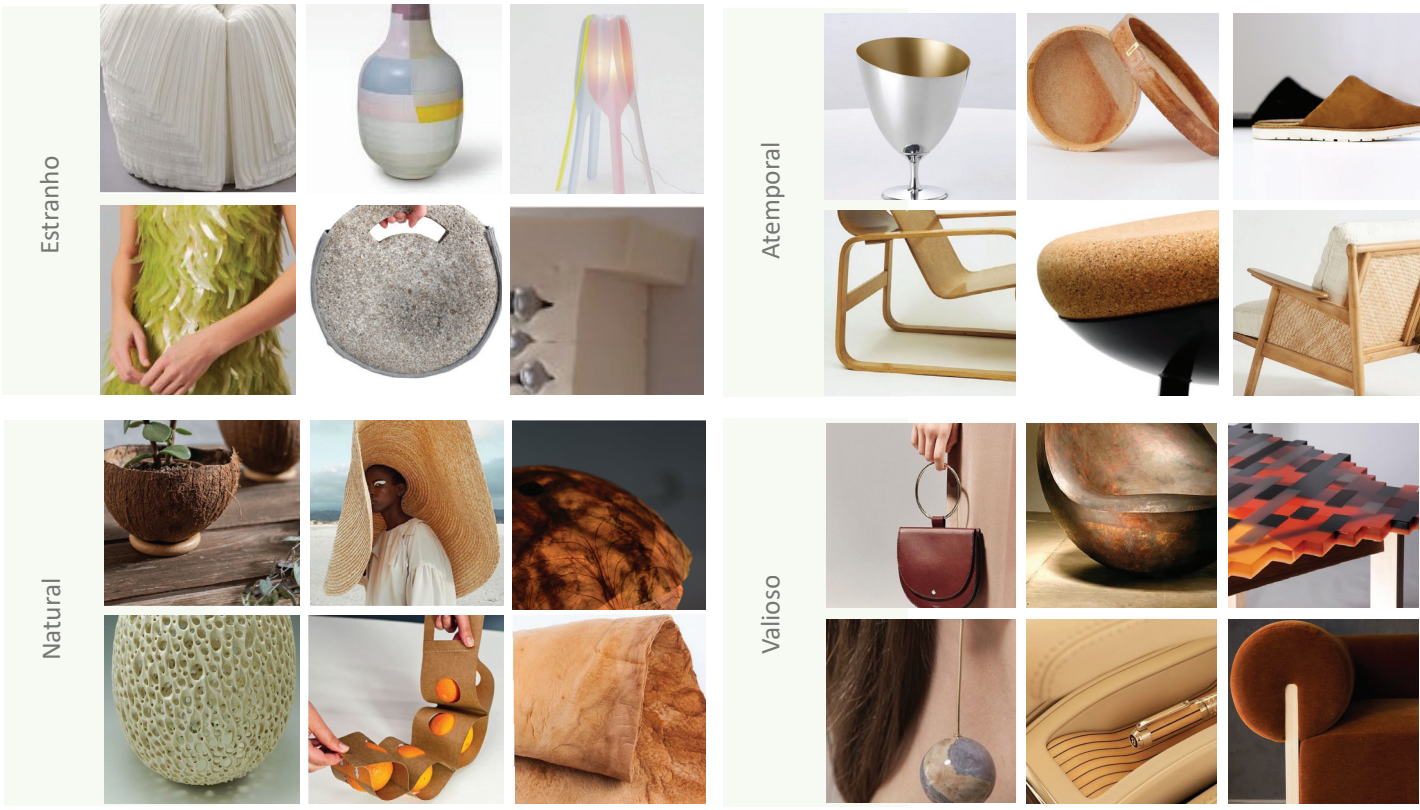


Tabela 21- Imagens que tiveram similaridade nas escolhas dos participantes para cada palavra (painel de imagens desenvovlido pela autora a partir de imagens do banco de referências Pinterest.nd).



Tabela 22 - Imagens que foram selecionadas mais uma vez durante as escolhas dos participantes para aplicação dos materiais do grupo A e B em um produto (painel de imagens desenvovlido pela autora a partir de imagens do banco de referências Pinterest.nd).

3.5.4 ETAPA 4 – Criação de conceitos de produtos

Nesta fase o designer reúne todas as descobertas e informações recolhidas durante as fases do método, e a partir disso o designer pode propor conceitos de produtos e possíveis aplicações. Porém, pode ser que desde a primeira fase, o designer já tenha formado algumas ideias sobre possíveis aplicações que evoluíram ou se complementaram durante o desenvolvimento do método (Karana et al., 2015).

Entre as similaridades que surgiram, de acordo com as limitações do material, as amostras maleáveis do grupo A, só poderiam ser aplicadas em produtos que não são necessárias propriedades mecânicas fortes, por este motivo, apenas a amostra com base têxtil poderia ser utilizada em um número maior de aplicações. O maior benefício das amostras do grupo A, são: a alta biodegradabilidade, maleabilidade, toque agradável e aparência única. De acordo com os participantes da pesquisa, relativamente aos níveis interpretativos e afetivos, as cores e texturas remetem a algo natural e estranho, o que é traduzido pela sensação de conforto, fascínio e curiosidade. Por este motivo, as amostras do **grupo A** poderiam ser empregados em produtos que estivessem em direto contato com o lado

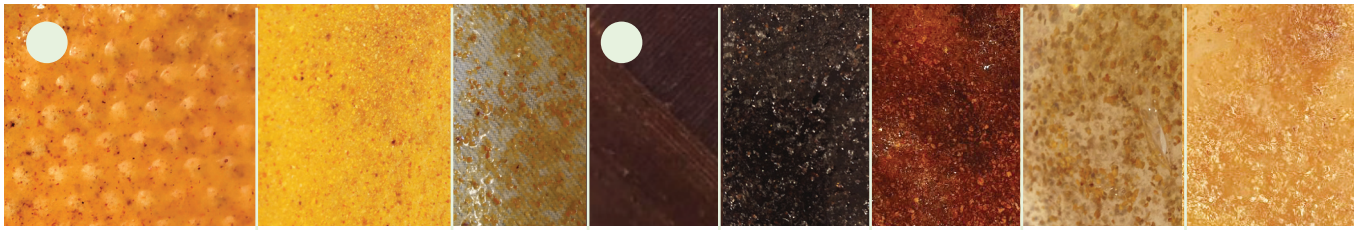
sensorial do utilizador, como o toque, por este motivo, muitos participantes destacaram aplicações relacionadas a **acessórios de moda, como carteiras e malas, ou revestimentos semelhantes aqueles de pele de animal**. A alta biodegradabilidade é um fator importante a ser considerado, pois estas amostras seriam ideias para **produtos relacionados a embalagem** que possuem descarte rápido, pois não causariam grandes impactos ambientais ao serem descartados de modo correto.

Por outro lado, as amostras do **grupo B**, apresentam características contrárias, são mais resistentes mecanicamente e não são maleáveis, além de possuírem uma superfície uniforme e lisa, com um padrão único e irregular, o que confere autenticidade ao material. De acordo com as características ressaltadas pelos utilizadores, estas amostras são interessantes ao serem expostas a algum tipo de iluminação. A superfície brilhante foi associada a produtos de alto valor, que poderiam ser empregues em objetos de contato próximo com o utilizador, como **joalheria**, **objetos pessoais e objetos decorativos**, por exemplo. De acordo com o nível afetivo, estas amostras possuem grande poder de atração, a partir da aparência, e da curiosidade que surge a partir da dúvida sobre a origem do material. Ao partir da ideia de que o projeto consiste em subverter o significado destes resíduos, e atribui-los um papel de valor ao serem embutidos em produtos. Uma hipótese seria aplicar o material em um produto que esteja em contato direto com o utilizador, ou seja objetos pessoais ou relacionados a vestuário. O intuíto é desenvolver uma relação ao ponto de reverter a percepção das pessoas sobre os bio-resíduos, por este motivo produtos de alto valor simbólico seriam boas opções.

Relativamente as características provenientes do modo produtivo, foram exploradas formas de trabalhar as cascas de laranja com características diversas. O modo desenvolvido por molde de silicone proporciona amostras com superfícies mais brilhantes e com a possibilidade de utilizar partículas de cascas de fruta com maior variedade de proporção. Porém o modo produtivo é mais complicado, pois a mistura deve ser manual o que gera irregularidades na aparência do material, as quais podem ser encaradas de modo positivo ou negativo como foi percebido durante a pesquisa. O desenvolvimento da mistura das cascas de fruta com biopolímero que resultaram em um filamento para produção de peças a partir do processo de fabrico aditivo, facilita a mistura entre os componentes e é possível obter amostras com maior regularidade. A partir deste modo de produção é possível produzir produtos sem que haja o desperdício de material e sem a necessidade de confecção de moldes.

Além disso, no contexto de produção por fabrico aditivo, seria interessante propor uma aplicação em um objeto de valor que aproveite da vantagem de personalização dos produtos provenientes deste processo.

Neste caso, ao considerar que durante a pesquisa foram apontados diversas vezes aplicações relacionadas a objetos de uso pessoal, seria possível propor a aplicação deste material em **armações de óculos**, por exemplo. A vantagem de personalização do processo de fabrico aditivo, proporcionaria que não apenas o material possuísse características únicas, mas também o produto, poderia seria personalizado de acordo com o utilizador. De acordo com estas reflexões, foi desenvolvida a tabela 23, onde estão resumidas as observações, as características, vantagens e desvantagens na aplicação de cada material, e as sugestões de possíveis aplicações.



Possíveis Aplicações								
Decoração	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Estrutural	não	não	não	não	não	não	não	não
Embalagem	**sim**	sim	sim	sim	não	não	não	não
Joalheria	não	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Carteiras	não	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Armações de óculos	não	não	não	**sim**	sim	sim	sim	sim
Mobliário	não	não	não	não	sim	sim	sim	sim
Utensílios de cozinha	não	não	não	sim	sim	sim	sim	sim
Candeeiro	não	não	sim	sim	sim	sim	sim	sim

Qualidades de experiencias do material								
Cor Natural	revelada	revelada	revelada	sim	não	sim	sim	sim
Imperfeição	baixa	baixa	médio	baixo	alto	baixo	baixo	baixo
Padrão único	sim	sim	sim	médio	sim	sim	sim	sim
Autenticidade	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto
Biodegradabilidade	alto	alto	médio	médo	médio	médio	médio	médio

Outras questões emergentes no design - todos os materiais são provenientes de matéria prima local e de origem natural

ideal para produtos de rápido descarte	**ideal para produtos personalizados**

Tabela 23 - Tabela comparativa entre todas as amostras desenvoldidas e as possíveis aplicações e as caracteristicas de cada amostra (tabela desenvolvida pela autora).

Deste modo pode-se dizer que decisão por escolher aplicar o material em óculos solares provem da união entre os resultados da pesquisa com os utilizadores, que ajudou a perceber que os materiais desenvolvidos com as cascas de fruta geram primeiras impressões positivas nas pessoas e por este motivo podem ser bem aceitos quando aplicados a objetos de uso pessoal. Além disso, ao optar por selecionar o método produtivo de manufatura aditiva, pretende-se explorar meios de produzir os produtos que utilizamos diariamente de modo menos nocivo ambientalmente, já que a Impressão 3D gera menos resíduo e possibilita produzir os produtos em escala reduzida e personalizada.

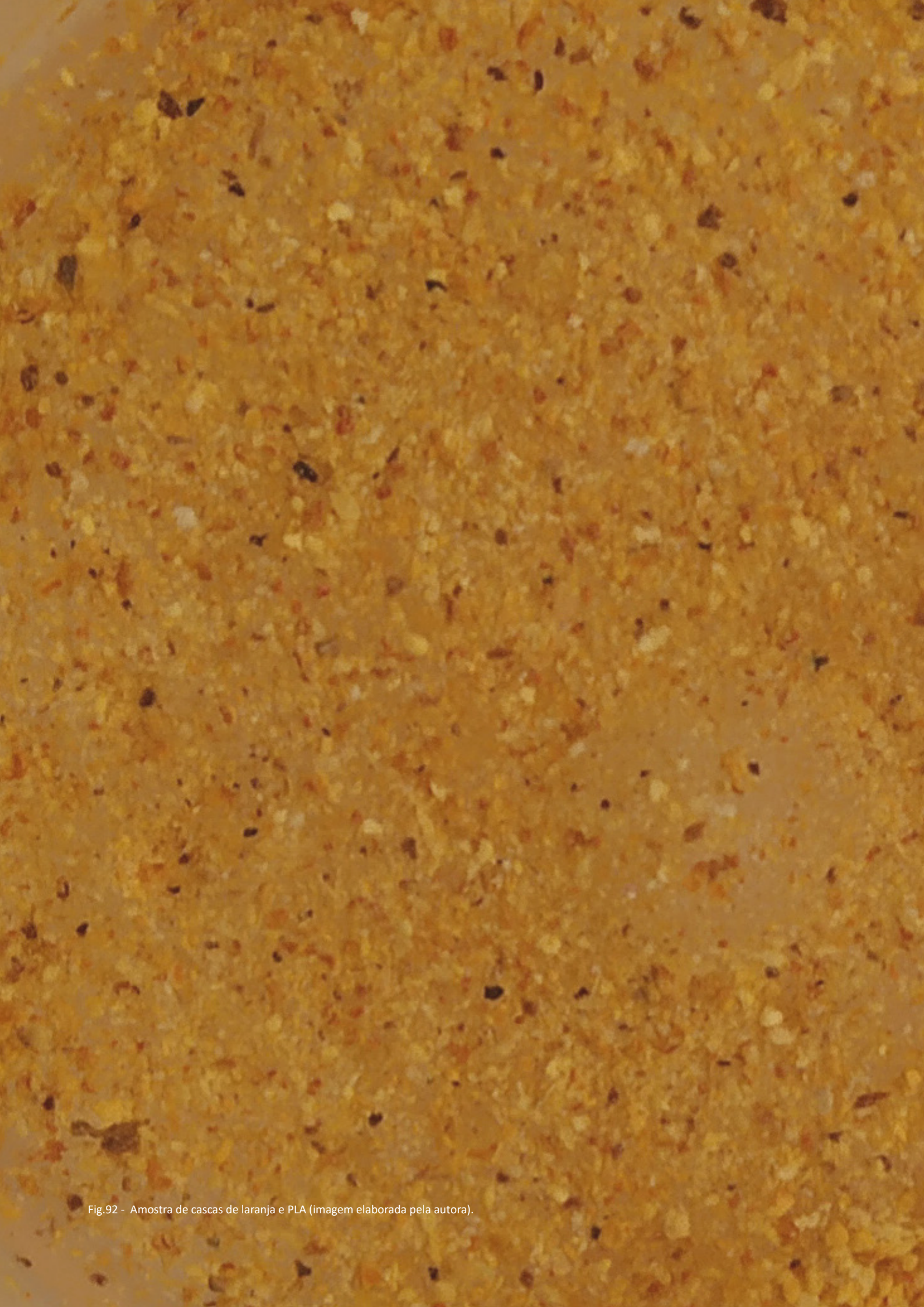


Fig.92 - Amostra de cascas de laranja e PLA (imagem elaborada pela autora).



Capítulo 4

PROPOSTA DE APLICAÇÃO

4.1 Introdução

No capítulo quatro é descrita uma proposta de aplicação para duas das amostras de material que foram desenvolvidas durante o plano experimental. Definiu-se que seria desenvolvido uma proposta com a amostra do material biocompósito de PLA e cascas de laranja, a partir do processo de fabrico aditivo (impressão 3D), por representar um modo inovador e atual de produzir objetos que envolve inúmeras pesquisas no campo do design de produto. Este modo de produção possibilita grande liberdade de design ao ter a possibilidade em criar produtos personalizados, além de não existir a necessidade de desenvolvimento de moldes o que torna o processo produtivo mais ágil, e por fim, evita que ocorram perdas de materiais no processo produtivo.

Relativamente ao objeto escolhido para ser desenvolvido, foi selecionada a opção de armações de óculos, por ser um objeto pessoal que possui interação próxima ao utilizador, além de ser um considerado um artefato de alto valor socialmente, a decisão sobre a escolha do objeto surgiu a partir da pesquisa MDD com os utilizadores na qual em sua maioria associavam as amostras desenvolvidas com PLA a aplicações de objetos de uso pessoal. Como segunda amostra, selecionou-se o material com base de amido de tapioca e cascas de laranja, pela sua característica de alta maleabilidade, e por este motivo, propõem-se desenvolver o estojo e embalagem dos óculos solares.

4.2 Objetivos

Objetivos gerais:

- Propor uma aplicação em produtos, para duas amostras de materiais desenvolvidas no plano experimental.

Objetivos específicos:

- Desenvolver um projeto de armações solares que possam ser fabricadas pelo processo de fabrico aditivo (impressão 3D) com o filamento desenvolvido.
- Produzir um primeiro protótipo de armação de óculos solares com filamento compósito de PLA e Cascas de Laranja.
- Produzir um protótipo de estojo de óculos solares com o material compósito de Amido de Tapioca e Cascas de Laranja.

4.3 Contextualização do projeto

A seguir são apresentados os contextos importantes para a fase de desenvolvimento das propostas de aplicação. Primeiramente é abordado resumidamente o contexto dos frutos cítricos, pois foi o bio-resíduo utilizado como componente do material selecionado. A seguir desenvolveu-se uma pesquisa de contextualização do processo de fabrico aditivo, com o intuito de analisar as vantagens e desvantagens deste processo, e como ele pode ser positivo para o design circular e sustentabilidade. Como último contexto apresentado, é levantada a temática dos óculos solares, com referências de mercado tanto na produção de óculos por impressão 3D, como óculos produzidos com materiais similares ao da investigação. São apresentadas todas as fases referentes ao design do objeto proposto: criação de *moodboard*, primeiros esboços, desenho técnico, simulação com os materiais e usabilidade, e por fim o desenvolvimento dos protótipos.

4.3.1 Processo produtivo de fabrico aditivo – Impressão 3D

A seguir é contextualizado o cenário do processo produtivo de fabrico aditivo, por ser o método utilizado na produção da amostra de material selecionada.

No cenário atual da indústria 4.0, a impressão 3D tem um papel importante, por representar um novo modelo de produção com maior autonomia social. Apesar de ter surgido para aplicações industriais, nos últimos anos com a democratização dos serviços, além da possibilidade de compra de impressoras (FDM), as pessoas, assim como os pequenos fabricantes criaram consciência de suas capacidades produtivas na concepção de produtos personalizados (Tello et al., 2020).

Esta tecnologia consiste no modelo de fabrico aditivo, isso significa que o modelo produtivo é realizado a partir da sobreposição de material, camada por camada. É um processo produtivo diverso comparado com as tecnologias de fabricação tradicionais subtrativas (CNC) ou formativas, como a moldagem por injeção. Para produzir uma peça em impressão 3D, não é necessária uma ferramenta específica, ou um molde, a peça é produzida diretamente na plataforma da impressora, a partir de um arquivo digital (Berman, 2012). Este tipo de tecnologia possui perfeita integração com softwares de design assistido por computador (CAD). O que significa que é possível desenvolver projetos digitalmente e realizar protótipos com alta precisão e agilidade (Berman, 2012). No contexto da investigação, na fase experimental optou-se por utilizar o método de fabricação por extrusão de filamento fundido (FFF). Pois, o material a ser trabalhado trata-se de compósito, com a matriz de um material termoplástico (PLA), além da fabricação por FFF ter um baixo custo em comparação aos demais, de acordo com Ngo et al. (2018) .

No método FFF, a termoplasticidade do filamento do material é a propriedade essencial, pois o método consiste no aquecimento do filamento até que atinja o estado semilíquido para que possa ser extrudido na plataforma. A termoplasticidade dos filamentos possibilita que as camadas se fundam durante a impressão e se solidifiquem à temperatura ambiente. A principal desvantagem e limitação deste método, são os materiais disponíveis, atualmente não existe uma grande variedade de opções, além de que estes materiais disponíveis têm baixa resistência mecânica. Por este motivo atualmente são desenvolvidos compósitos reforçados com fibras, pois além de aumentar as opções de materiais com novos aspectos e texturas, aumentam as propriedades mecânicas dos objetos impressos por este método (Ngo et al., 2018).



Fig.93 : Tipos de processos de fabrico aditivo (adaptado de 3Dhubs, n.d)

Na fig. 93, é possível perceber as tipologias de impressão 3D, assim como os materiais utilizados e aplicações para cada tipo.

A princípio a tecnologia de impressão 3D foi utilizada e difundida como um modo de desenvolver protótipos funcionais de modo rápido, para designers e arquitetos principalmente, o que minimizou os custos no processo de desenvolvimento de produtos. Porém, a pesquisa deste método produtivo com diversos materiais fez com que atualmente, esta tecnologia possa ser utilizada não apenas para prototipagem, mas para fabricação de produtos finais (Ngo et al., 2018). Alguns exemplos de como esta tecnologia pode ser implementada na vida quotidiana podem ser encontrados na indústria médica, aeroespacial, automotiva, assim como a construção civil, em que materiais metálicos, cerâmicos ou compósitos mais resistentes são utilizados (Pasricha & Greeninger, 2018).

Os benefícios que esta tecnologia possui provêm da facilidade em produzir formas complexas e detalhes geométricos com grande precisão o que confere liberdade ao design, além da facilidade na personalização dos produtos, uma opção económica de peças para produção em pequena escala, e por fim proporciona grande eficiência no uso de material (Ngo et al., 2018).

Assim, é possível constatar que, relativamente às questões ecológicas e às relações entre a impressão 3D e a sustentabilidade, a impressão 3D pode ser uma alternativa vantajosa. Pois, ao ser comparada com os métodos produtivos subtrativos, as características da manufatura aditiva, promovem uma eficiência elevada em relação ao uso de materiais. Pois este modelo não resulta em grande geração de resíduos, ou desperdício de material. Além disso, ao comparar com os modelos produtivos de injeção, por não haver a

necessidade de confecção de molde, a produção do objeto por este processo, se torna mais económica e ágil (Ngo et al., 2018).

Por outro lado, os avanços relacionados à sustentabilidade para tecnologia de fabrico aditivo na maioria das vezes estão centradas no desenvolvimento de soluções que não estão conectadas. Por este motivo, são necessárias pesquisas multidisciplinares, com a abordagem sistémica, que conectem diversas áreas de conhecimento. Neste contexto, a tecnologia 3D pode expandir seu potencial como participante na criação de cenários sustentáveis, a partir de novas oportunidades que integrem a comunidade e o design para a sustentabilidade (Tello et al., 2020).

Por fim, a tecnologia de impressão 3D proporciona oportunidades de inovação na indústria da moda, a partir da facilidade de personalização dos produtos e simplificação dos processos (Pasricha & Greeninger, 2018). Como exemplo, segundo Sun & Lu (2015) na área dos calçados e acessórios de moda sob procura, com esta tecnologia, é possível considerar as necessidades e opiniões de utilizadores durante a fase de design dos produtos (2015 apud Pasricha & Greeninger, 2018). Além disso apresenta uma lógica inovadora para a produção de produtos de moda, na qual os produtos são feitos sob demanda, o que poderia contribuir na redução da produção excessiva e desnecessária de produtos. Neste contexto é aplicada a filosofia de *zero-waste*, e é possivel desenvolver um sistema produtivo sem haver excessos de produção (Pasricha & Greeninger, 2018).

4.3.2 Produto: Óculos de sol

De acordo com Brown (2015, p. 9), os óculos solares começaram a ser fabricados para o público em geral a partir de 1925, por volta dos anos 30. Os óculos de sol tornaram-se totalmente aceites socialmente como objeto utilitário e acessório de moda. Ainda de acordo com a autora, os óculos de sol são um produto da modernidade. A partir da introdução do objeto como acessório de moda, os óculos deixaram de ser apenas um objeto utilitário de proteção dos olhos contra os raios solares, e passaram a ter um forte significado cultural. No decorrer das décadas, este objeto contribuiu na formação da imagem de protagonistas da cultura popular, como no cinema, música e arte. Os óculos de sol afetam a forma como somos vistos pelos outros, e têm uma forte conexão com a definição de identidade pessoal e de percepção das pessoas (Brown, 2015, p. 80). Exemplo disso é a pesquisa da escola de Psicologia da Universidade de Lincoln, UK, que teve o objetivo de analisar a mudança de percepção sobre a imagem de pessoas em relação a três características sociais: confiabilidade, competência e atratividade, quando usam óculos de grau ou solares (Graham & Ritchie, 2019).

Relativamente à relação entre as pessoas e o consumo de óculos solares, é possível verificar as pesquisas quantitativas desenvolvidas por Vasileiadis et al (2019) e Bugin, et.al. (2019)(fig. 94, 95 e 96), na qual são sinalizados os principais tópicos na hierarquia das necessidades, considerados importantes pelas pessoas no momento da escolha e compra de um óculo de sol. É possível perceber que a estética é o primeiro fator decisivo na escolha e compra deste tipo de produto. Porém, por outro lado, pela pesquisa de Kanan et al. (2019) (fig. 95), é possível perceber que um dos maiores motivos pelos quais as pessoas compram óculos solares, ocorre quando o que possuem atualmente danificar-se, o que representa uma postura positiva. Logo a seguir, a estética e a moda estão presentes em segundo lugar como fortes fatores de influência na escolha destes objetos.

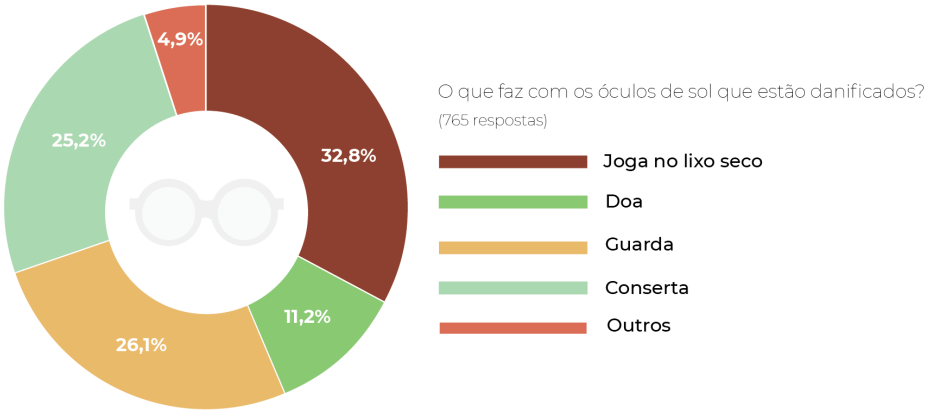


Fig. 94 : Pesquisa sobre o comportamento das pessoas relativamente aos óculos de sol (adaptado de Kanan, M., Bugin, et. al., 2019

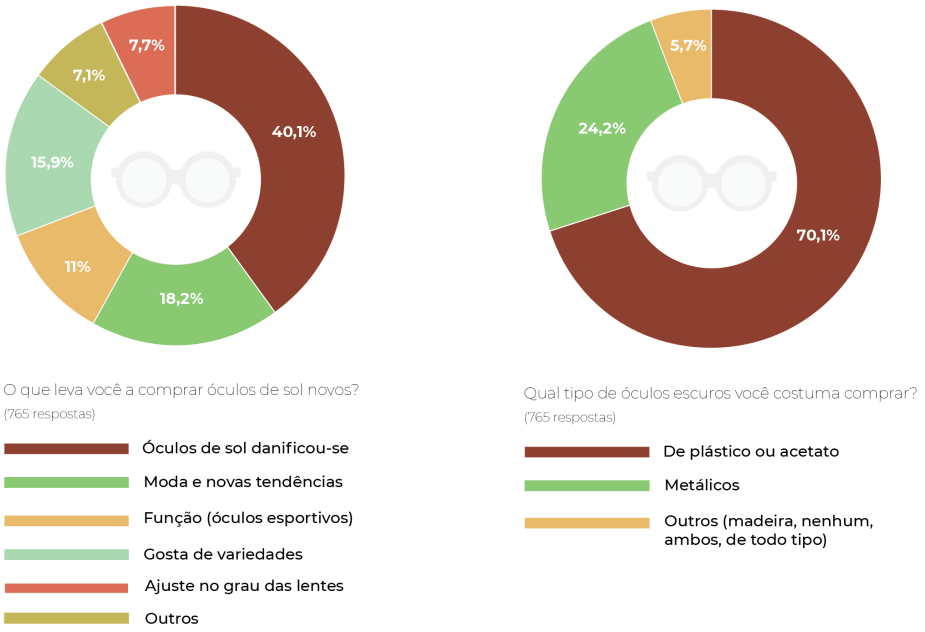


Fig. 95 - Pesquisa sobre o comportamento das pessoas relativamente aos óculos de sol (adaptado de Kanan, M., Bugin, et. al., 2019).

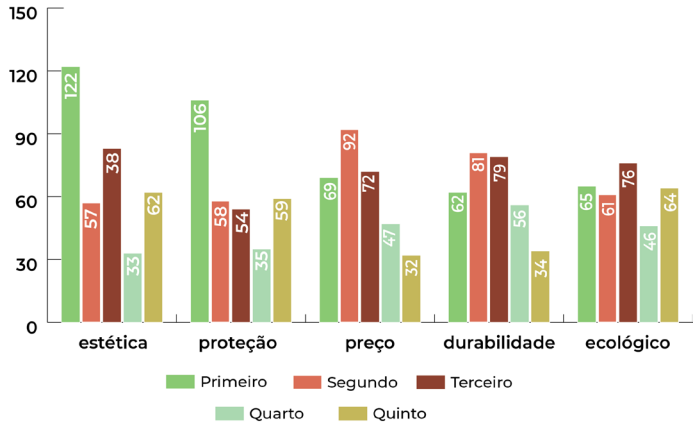


Fig. 96- Pesquisa que evidencia a hierarquia dos motivos que influenciam na escolha de óculos solares (adaptado de Vasileiadis, Theoklitos, et.al. 2019).

Através destas duas pesquisas é possível verificar que apesar dos óculos de sol serem um acessório de moda, no qual a estética é um fator importante na compra. Estes objetos possuem um ciclo de vida duradouro na fase de utilização, e a sua troca ou descarte acontece maioritariamente após a sua perda de funcionalidade. Mesmo neste contexto, as pessoas possuem a tendência de guardar ou consertar estes objetos, depois de danificados.

Sobre os materiais, ainda de acordo com a pesquisa realizada por Kanan et al. (2019), pelo gráfico é possível perceber que a aceitação pelas pessoas é maior relativamente a armações de materiais poliméricos, a seguir pelas armações metálicas.

Relativamente ao método produtivo selecionado, de acordo com o potencial do método de fabrico aditivo, no caso da indústria de armações solares, seria possível fornecer experiências de personalização e customização ao entregar produtos de acordo com as demandas do utilizador. Neste caso, a indústria de armações de óculos, também pode possuir o caráter de design inclusivo, pois pode atender pessoas que possuem dificuldades em se encaixarem em armações padronizadas (Lee et al., 2020).

4.3.3 Pesquisa de mercado de óculos soláres com Resíduos ou Impressão 3D

	NOME	MATERIAL	TÉCNICA	OBSERVAÇÕES
	**Cubitts / Chip[s]** Board (Redux glasses), 2019	Resíduo de plantação de batata	Processo Subtrativo (CNC)	Produto desenvolvido com bioresíduo, método produtivo convencional, igual as armações convencionais de acetato.
	**Cubitts** (Redux glasses), 2019	Micélio (cogumelos)	Crescimento do fundo em molde	Produto desenvolvido com material natural, método produtivo inovador em conjunto com a natureza.
	Royal College of Art's, **Eric de Laurens,** 2012	Resíduo de escamas de peixe	Moldagem	Produto desenvolvido com bioresíduo, método produtivo convencional, por moldagem. Inovação pelo material.
	**Hemp Eyewear** (hempeyewear.com)	Fibra de canhamo e polímero	Processo Subtrativo (CNC)	Produto desenvolvido com material compósito de fibra natural. Inovação pelo material.
	**Hoffmann Natural Eyewear** (hoffmann-eyewear.com/en/)	Chifre de búfalo	Processo Subtrativo (CNC)	Produto desenvolvido com material natural, porém método produtivo convencional.
	**Neubau Eyewear** (neubau-eyewear.com)	Biopilímero derivado de óleo de manona	Impressão 3D SLS (sinterização seletiva a laser)	Inovação no material, por tratar-se de um biopolímero, e o método produtivo não provoca resíduos.
	**Hoet** (hoet.be/en/cabrio-brillen)	Poliamida e Titânio	Impressão 3D SLS (sinterização seletiva a laser)	Método produtivo não provoca resíduos. Opção económica de impressão 3D, possibilidade liberdade de design.
	**Monoqools** (monoqool.com/)	Poliamida	Impressão 3D SLS (sinterização seletiva a laser)	Método produtivo não provoca resíduos. Opção económica de impressão 3D, possibilidade liberdade de design.
	**Ron Arad, 2010** (dezeen.com/2013/04/10/springs-3d-printed-glasses-by-ron-arad-for-pq/)	Poliamida	Impressão 3D SLS (sinterização seletiva a laser)	Método produtivo não provoca resíduos. Opção económica de impressão 3D, possibilidade liberdade de design.
	**Crafting Plastics,** 2019 (https://www.craftingplastics.com/collection-2)	Bioplásticos biodegradáveis	Moldagem e impressão 3D (FDM)	Método produtivo não provoca resíduos. Opção económica de impressão 3D, utilização de materiais biodegradáveis.
	**Oak & Dust** (www.coroflot.com)	ABS de poliamida	Impressão 3D FDM (Modelagem de deposição fundida)	União de serviço e produto, no qual são desenvolvidas armações de acordo com a morfologia do resto das pessoas.
	**MVD Frames** (matterhackers.com/articles/using-3d-printing-to-design-beautiful-eyewear)	FIlamentos compósitos	Impressão 3D FDM (Modelagem de deposição fundida)	Utilização de filamentos compósitos de PLA com aditivos naturais.

Tabela 24 : Pesquisa de mercado sobre óculos solares desenvolvidos com resíduos alimentares ou com a técnologia de impressão 3D (tabela desenvolvida pela autora).

4.3.4 Componentes

A seguir na fig. 97 é apresentado resumidamente, os componentes, materiais, tipos e tamanhos existentes atualmente para as armações de óculos.

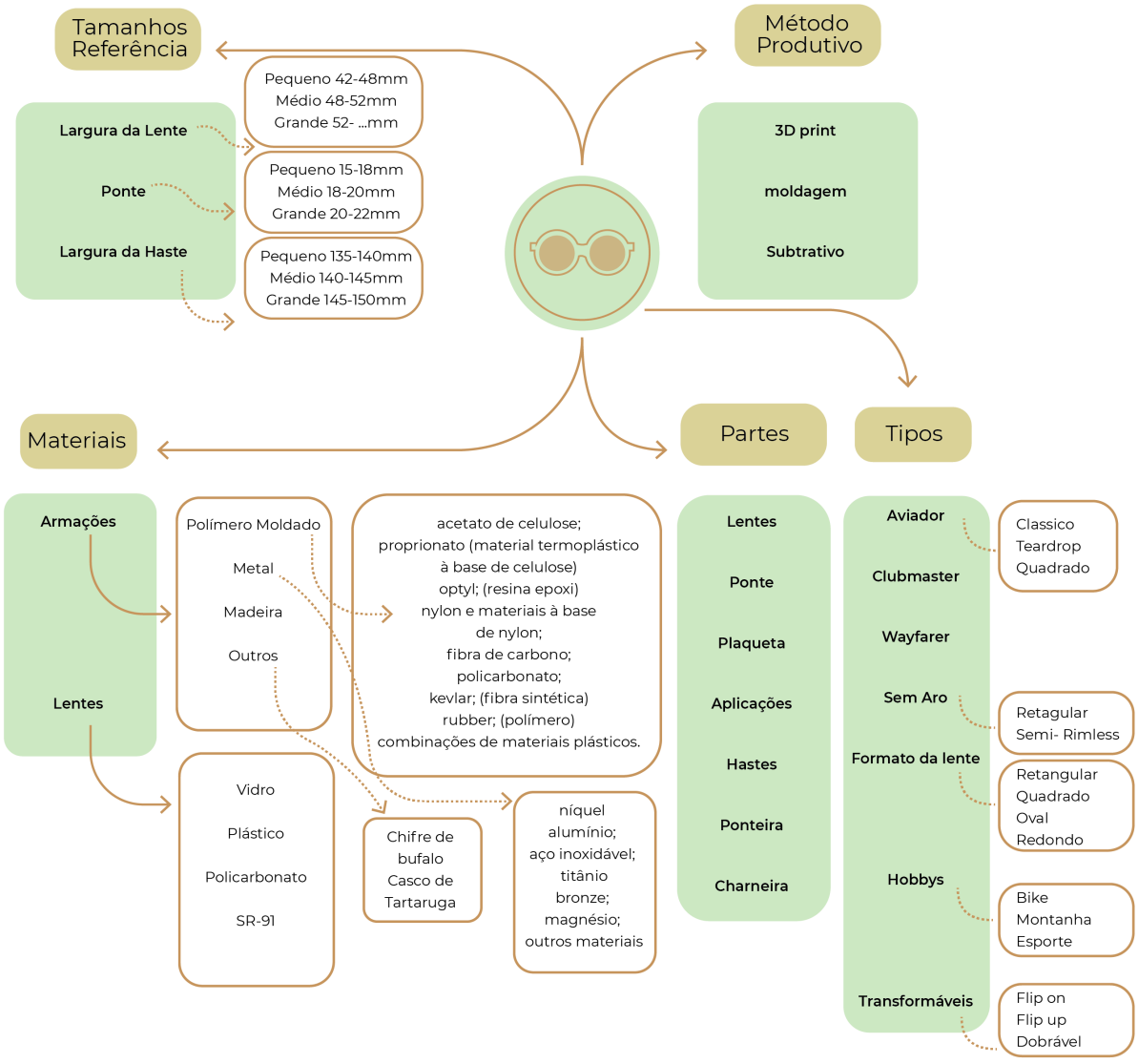


Fig.97 - Mind map com informações referentes ao desenvolvimento de óculos solares (adaptado de Vasileiadis, Theoklitos, et.al. 2019

4.3.5 Medidas antropométricas

A partir da fig. 98 é possível verificar a localização e a nomenclatura dos componentes que constituem as armações dos óculos. Relativamente às medidas que devem ser consideradas para desenvolver este tipo de produto, é importante localizar os componentes de acordo com as medidas do rosto do utilizador. A partir do design das armações é possível desenvolver produtos mais confortáveis. Na fig. 99 é possível visualizar as posições de referências para as medidas fundamentais e importantes na fase de desenho das armações, de acordo com o guia padrão de Human Factors Design Standard (Wahl et al., 2017) . No contexto de adaptação de medidas do rosto ao produto, o processo de manufatura aditivo possui grande vantagem, pois para o mesmo desenho, é possível adaptar as medidas e formas do modo virtual para produzir um produto personalizado de acordo com o rosto de cada utilizador.

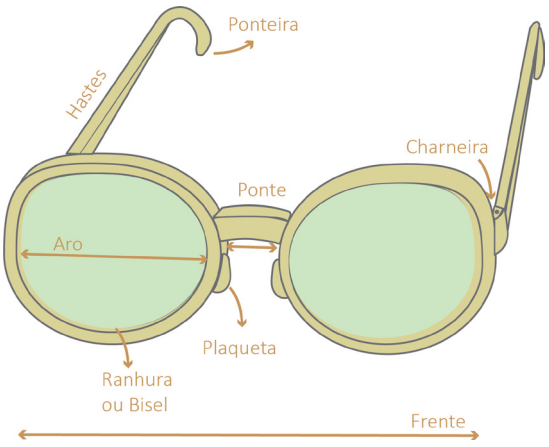
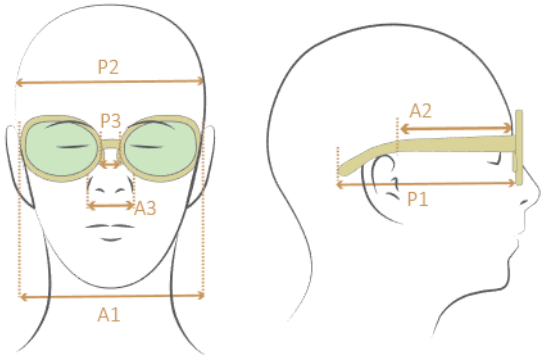


Fig. 98 - Componentes das armações de óculos (adaptado de Departamento de Física Universidade da Beira Interior, 2019.)



	Medidas antropométricas Cabeça e rosto			Medidas como parametros para as armações		
	A1 Largura rosto	A2 Nariz-Orelha distância	A3 Largura Nariz	P1 Largura Haste	P2 Largura Frente	P3 Largura Ponte
Modelo 1	15cm	10cm	2cm	14cm	15cm	1,5cm

Fig. 99 - Medidas importantes para o design de armações de óculos (adaptado de Wahl, Florian et.al. 2017).

4.4 DESENVOLVIMENTO PROJETO: ÓCULOS SOLARES

4.4.1 Moodboard

Foi desenvolvido um moodboard (fig.100), como modo de sintetizar os pontos principais na definição do conceito de produto. Além disso, o moodboard funcionou como uma síntese de imagens inspiracionais, que estimularam a criatividade no processo de exploração das formas do objeto. A partir do *moodboard*, é possível perceber as temáticas nas quais o produto e a investigação estão envolvidos e o resumo dos contextos abordados anteriormente.

Está presente como protagonista a laranja, e suas formas naturais, porém geométricas. Pela localização das plantações é possível associar este fruto ao Algarve, e por consequência automaticamente está vinculado ao verão e às praias. A seguir, temos a impressão 3D como um modo produtivo inovador que proporciona grande liberdade ao design, no qual é facilitada a personalização de produtos, além de inverter a lógica dos padrões produtivos em grande escala, o que proporciona uma nova visão e alternativa para o design e a indústria. Neste caso, as questões ambientais são postas em destaque, entre elas, a circularidade dos materiais é uma das preocupações centrais na atualidade. E por este motivo, o design de produto assume um patamar multidisciplinar, no qual interage com diversas áreas, inclusive no desenvolvimento de materiais a partir da reciclagem de resíduos.

Neste contexto, o design pode contribuir na proposta de novas finalidades aos resíduos de modo prático, ao utilizá-los como matéria prima para produtos de alto valor. Projetos que iniciam da exploração com resíduos, contribuem na criação de uma rede de fornecimento e gestão de materiais. Com uma visão otimista, em grande escala isso resultaria na construção de ecossistemas mais resilientes e colaborativos, nas quais não existe a geração de resíduos do que ainda pode ser reaproveitado.

Relativamente ao conceito do produto:

Desenvolver armações de óculos com um material inovador, desenvolvido a partir de cascas de laranja aglutinadas com biopolímero. Considerar as medidas antropométricas do rosto do utilizador como ponto de partida no design do produto, utilizar como modo produtivo o método de manufatura aditiva (impressão 3D).













Fig. 100 - Moodboard com imagens inspiracionais (desenvolvida pela autora a partir de imagens pesqusiadas no deposito de imagens Pinterest).

4.4.2 . Scketches, estudos de forma

A seguir foram desenvolvidos os primeiros desenhos e estudos de forma para o produto. Nesta fase a inspiração principal foi a forma circular da laranja, procurou-se traduzir o mesmo no desenho das armações, além disso explorou-se as formas das ligações entre os gomos que retem o líquido do suco da laranja. A seguir as formas foram desenhadas virtualmente no *software* Illustrator, no formato de desenho bidimensional, nesta fase foram feitos diversos estudos de formas para o objeto, é possível verificar na sequência de imagens da fig.101.

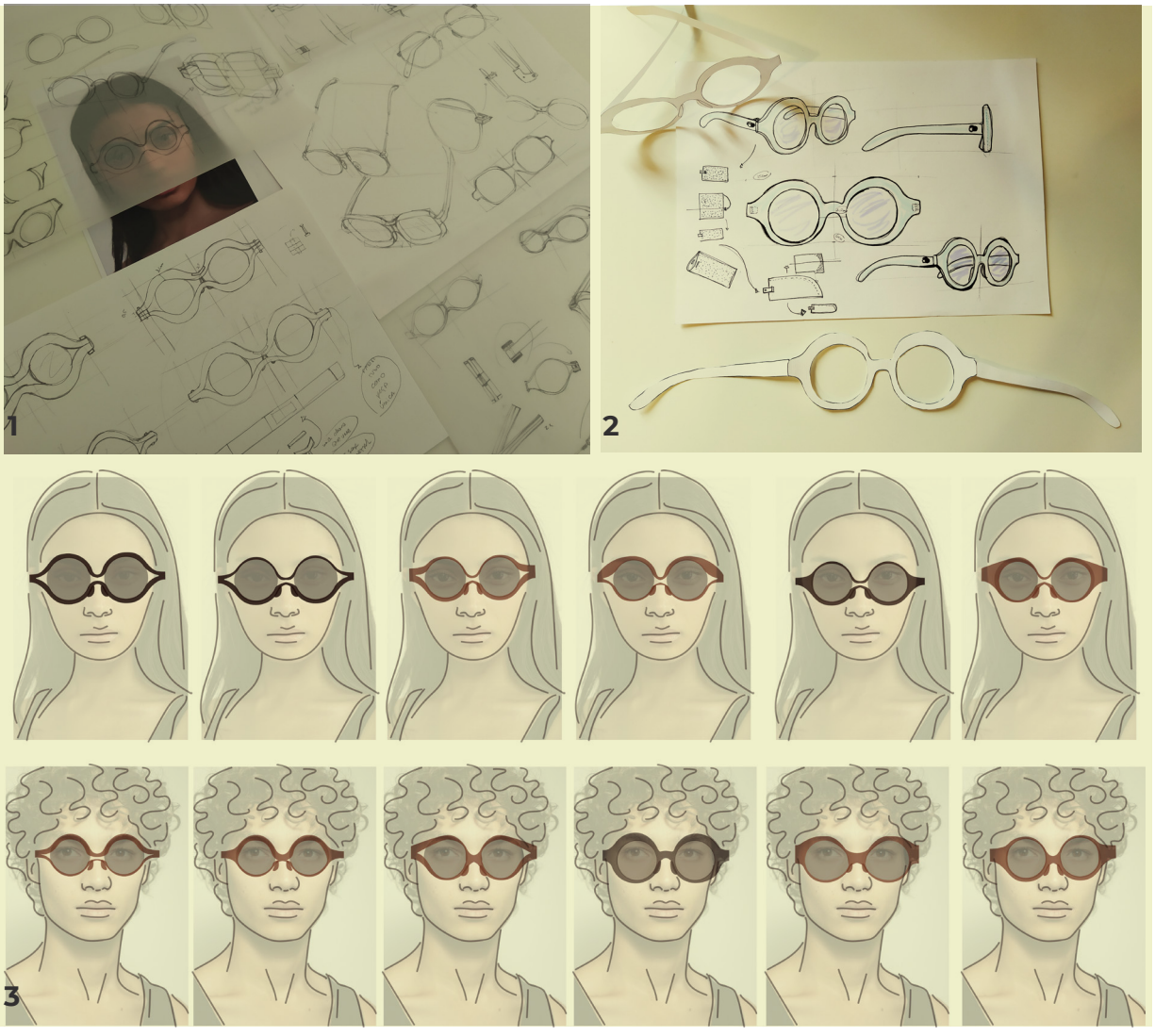


Fig. 101 : 1. Primeiros esboços manuais 2. Esboço final selecionado e maquetes de papel 3. estudos de forma em vetor no Illustrator (imagens desenvolvidas pela autora).

4.4.3 . Modelação tridimensional e simulações com o material

Nesta fase, selecionou-se dois dos estudos de forma para desenvolver o arquivo tridimensional do objeto, fase necessária para desenvolvimento do protótipo. Nesta fase foi utilizado o *software* Fusion 360, para desenhar as armações tridimensionalmente, é possível verificar estas fases nas imagens da fig. 106. A seguir na fig. 102, é possível encontrar o desenho técnico com as especificações de medidas em tamanho real.

A seguir, foram feitas simulações do produto, com o auxílio do *software* Keyshoot , fig. 103. A seguir na fig.104, foi desenvolvida uma segunda sequência de simulações, nas quais é possivel visualizar o objeto no contexto de uso.



Fig. 102 - 1. Armação solar completa 2. Hastes 3.. Detalhe do espaço de posicionamento da lente e de encaixe das hastes com pino do mesmo material (imagens desenvolvidas pela autora)

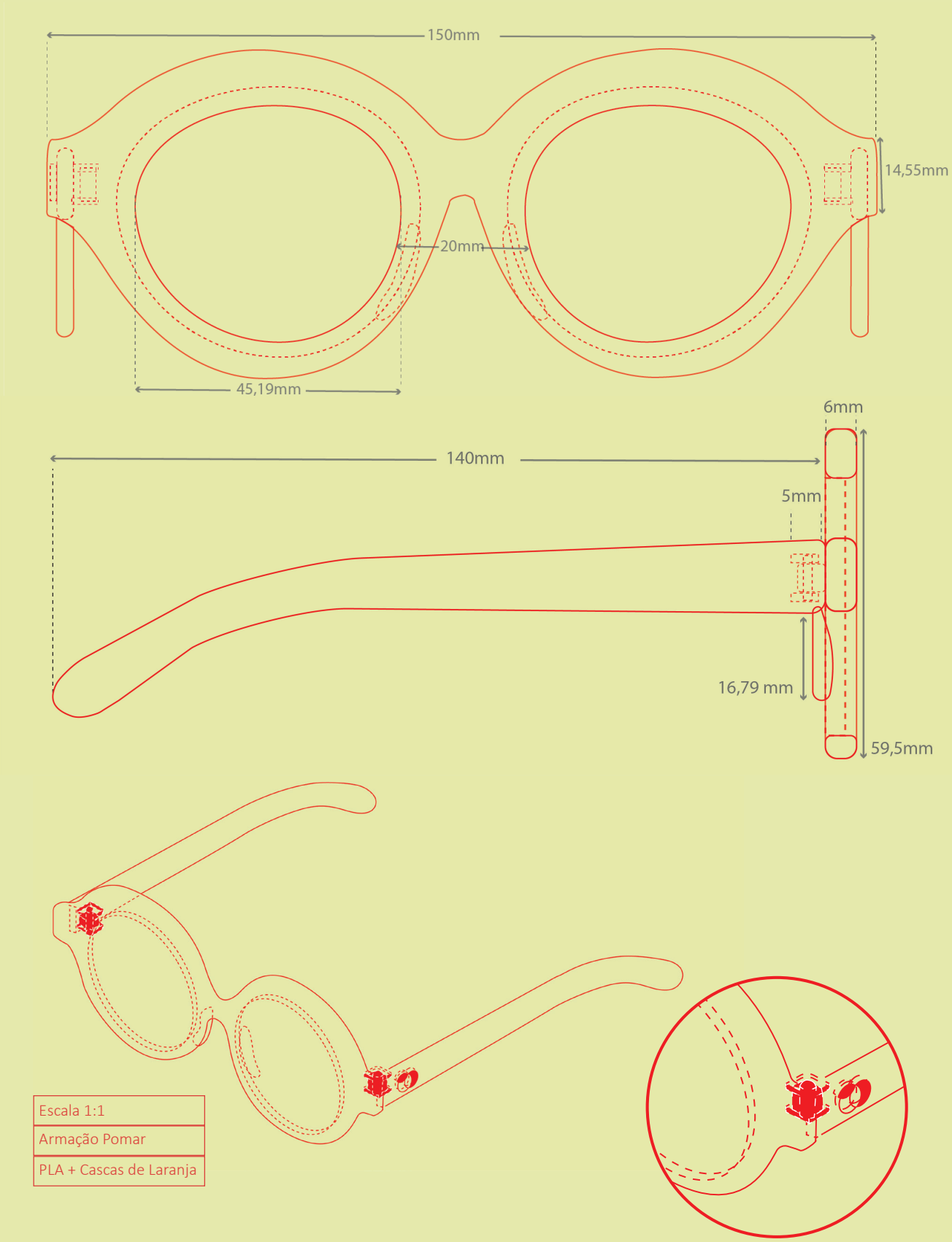


Fig. 103 - Desenho técnico em escala real (imagem desenvolvida pela autora)



Fig. 104 - Simulação e comparação de materiais . 1. PLA + Casca de Laranja por impressão 3D 2. PLA + Casca de laranja por molde (imagem desenvolvida pela autora).







Fig. 105 - Simulação de usabilidade do material quando aplicadono produto (imagem elaborada pela autora, fotos dos modelos encontradas no depósito de imagens Pinterest.
Fontes: 1. unsplash.com/photos/IHIgnhLvz5Q photo: Kim Carpenter/ 2. Sylvie Goetz @ IMG by Eddie New Beauty by Ania Milczarczyk / 3. www.magazine.com/gallery/10-male-models-to-watch-from-london-fashion-week-mens#10).

4.4.4 Prototipagem

A princípio foi impresso um protótipo de metade do objeto apenas em PLA, para verificar se o encaixe das hastes e da lente funcionam perfeitamente. Pelas fotos da fig. 106 é possível visualizar o encaixe lateral e da lente. Foi impresso um cubo de 1,5x1,5cm com o filamento de PLA e cascas de laranja desenvolvido durante a fase de testes.

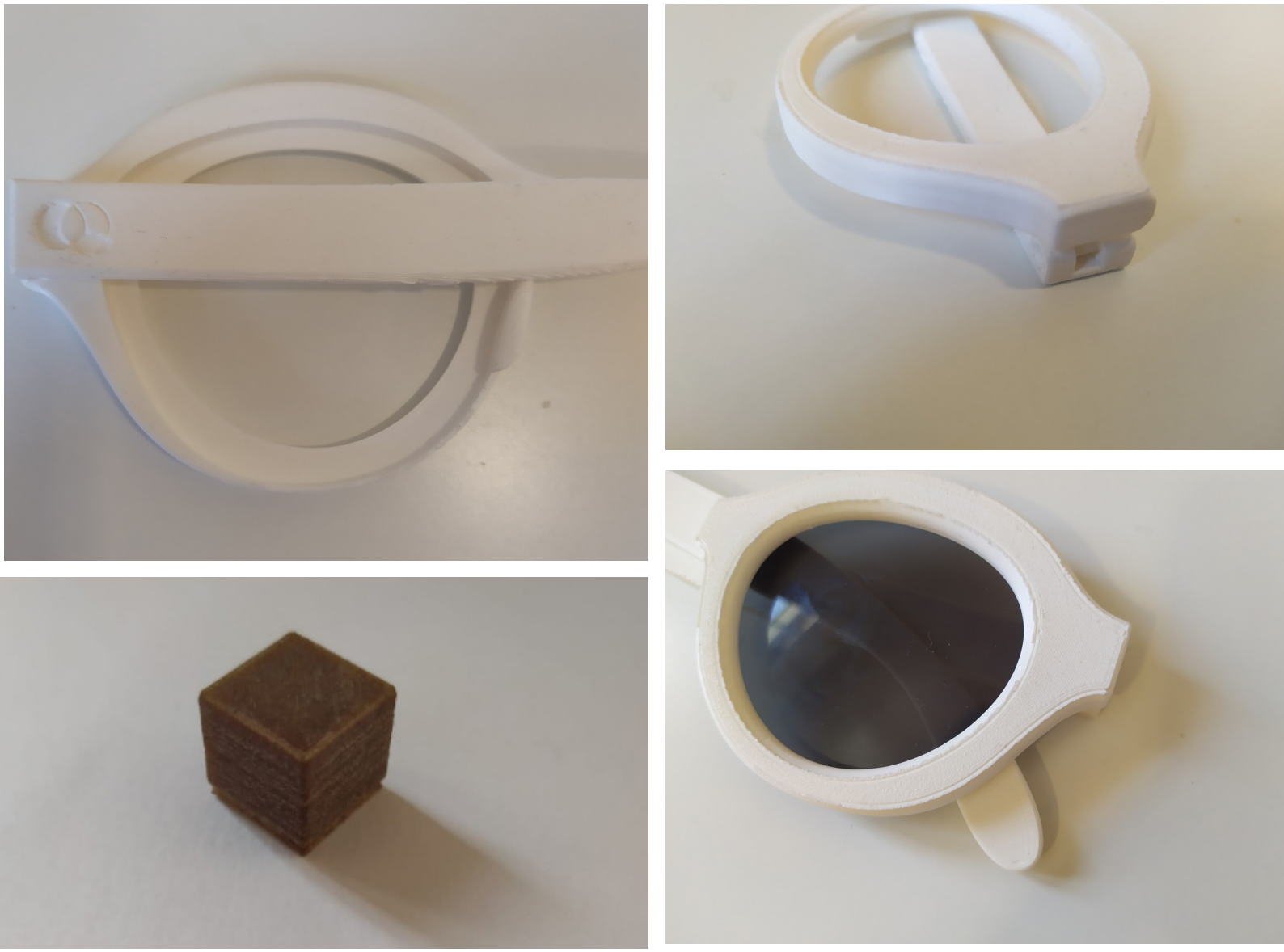


Fig. 106 - Produção do protótipo em PLA e cubo no material desenvolvido (imagem elaborada pela autora).

A seguir foram impressas as peças para montagem da armação no material desenvolvido com PLA e cascas de laranja. Não foi possível realizar o teste de calibragem do material para perceber qual a temperatura ideal de impressão do filamento, pois como a quantidade de filamento era reduzida, preferiu-se desenvolver o protótipo diretamente. Para um desenvolvimento futuro seria interessante pensar em um modo de deixar o modelo mais eficiente, com o intuito de reduzir a necessidade de imprimir suportes. Além disso é preciso realizar testes de acabamento na peça pronta, pois a superfície do material apresenta irregularidades mesmo após ser passada por lixa. Além disso, não foi possível obter o mesmo rigor de detalhes na peça como foi obtido na impressão feita apenas com PLA, resultando em defeitos na peça.



 Fig. 107 - Produção do protótipo (imagem elaborada pela autora).



Fig. 108 - Protótipo pronto com estojo (imagem elaborada pela autora).

4.4.5 Estojo e identidade visual

Como dito anteriormente, na embalagem do produto pretende-se utilizar um dos materiais flexíveis, desenvolvido na fase experimental da investigação. O foco no desenvolvimento da embalagem está em evidenciar a textura e o padrão do material. Por este motivo, optou-se por projetar um estojo de óculos simples e convencional, para dar evidência ao material (fig. 110 e 111).

Relativamente à comunicação visual e o nome do produto, optou-se pelo nome "Pomar" (fig. 109), por intuitivamente relacionar o produto com a origem do material. Além disso, propõe-se utilizar o produto como transmissor de informação e conscientizador sobre a problemática do desperdício alimentar. Neste caso, juntamente com as informações sobre o produto, está disponível uma lista com receitas de culinária com cascas de alimentos que possam ser realizadas pelas pessoas, de modo a evitar o desperdício alimentar no contexto doméstico (fig. 112).

POMAR

Fig. 109- Proposta de comunicação visual para o produto (imagem desenvolvida pela autora).

Fig. 110 - Simulação do estojo em uso (imagem desenvolvida pela autora).



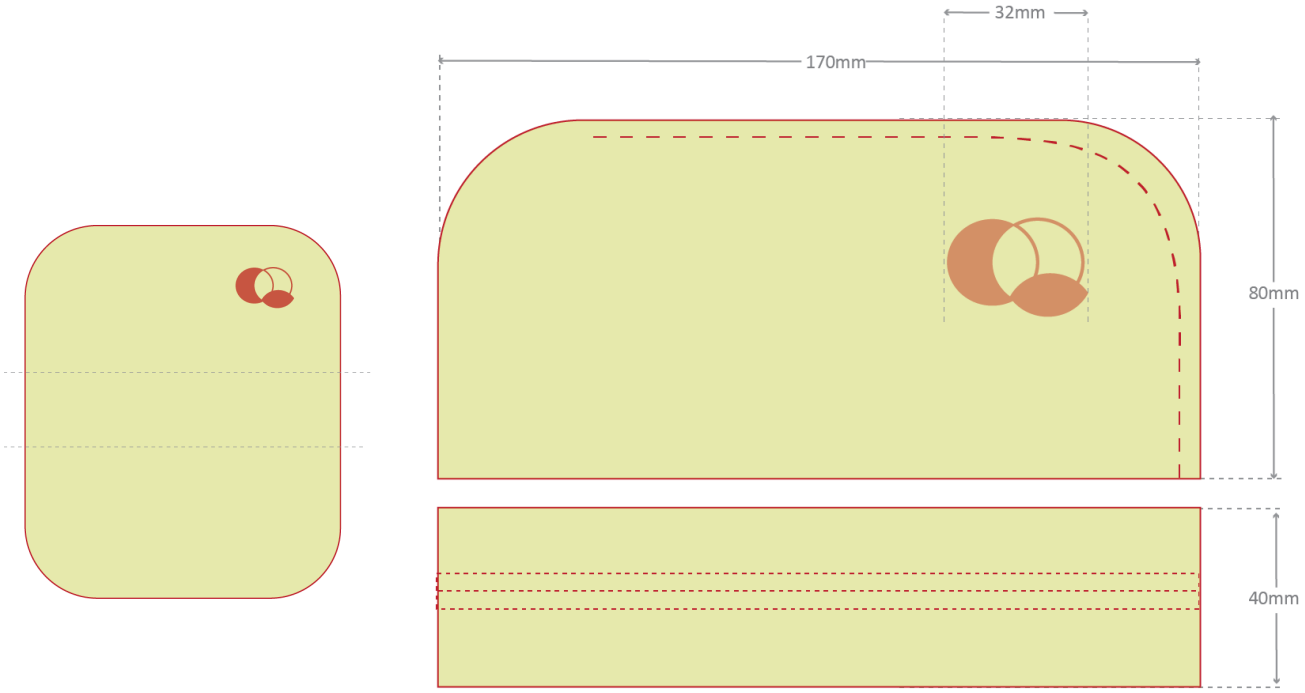
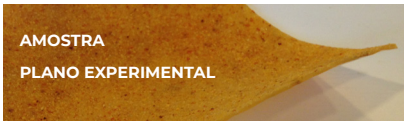


Fig. 111 - Planificcação do estojo (imagem desenvolvida pela autora).

Fig. 112- Proposta de folheto informativo sobre as instruções de uso e pós uso do objeto, e sugestões de receitas de culinária que possam diminuir o desperdício alimentar de cascas de alimentos no contexto doméstico imagem com maior detalhe em anexo 8 (imagem desenvolvida pela autora).

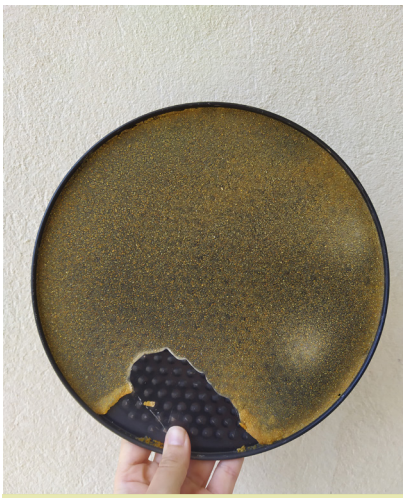




Casca de Laranja : 1g
Biopolímero de Amido de Tapioca
Composição: Amido de tapioca 20g Glicerina 4g Vinagre 25ml Água 50ml



1. MIstura dos componentes para ser colocado no forno por 6 min à 150°C



2. Material após secagem no forno



3. Retirar material do molde



4. Inverter lado do material para secar o outro lado



5. Colocar material em suporte para terminar secagem por 24 horas em local ventilado



6. Material com redução de tamanho após secagem total



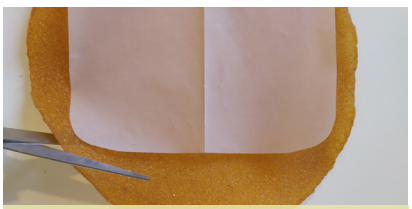
7. Manipulação do material para verificar se está totalmente seco.



8. Tirar medidas de cordo com o protótipo da armação de PLA



9. Fazer molde em papel vegetal



10. Cortar material de acordo com molde de papel

Fig. 113 - Processo de produção do estojo



11. Molde de papel e material já cortado



12. Cortar a logo e colar na peça



13. Utilizar filamento flexível para fazer a costura



1. Protótipo pronto

Fig. 114 - Processo de produção do estojo

A partir das fig. 113 e 114 é possível visualizar o processo de prototipagem da embalagem com um dos materiais desenvolvidos durante o plano experimental. Para um segundo protótipo algumas alterações podem ser realizadas para tornar a produção do estojo mais eficiente. Entre elas, é possível desenvolver um molde de silicone resistente ao calor já com o formato e as medidas do estojo, assim evita-se a perda de material pois é removida a necessidade de corte. Além disso, relativamente à aplicação do logo seria possível que no molde de silicone já houvesse o logo aplicado em alto relevo, assim o elemento já seria gravado automaticamente no material no momento de secagem ao forno.

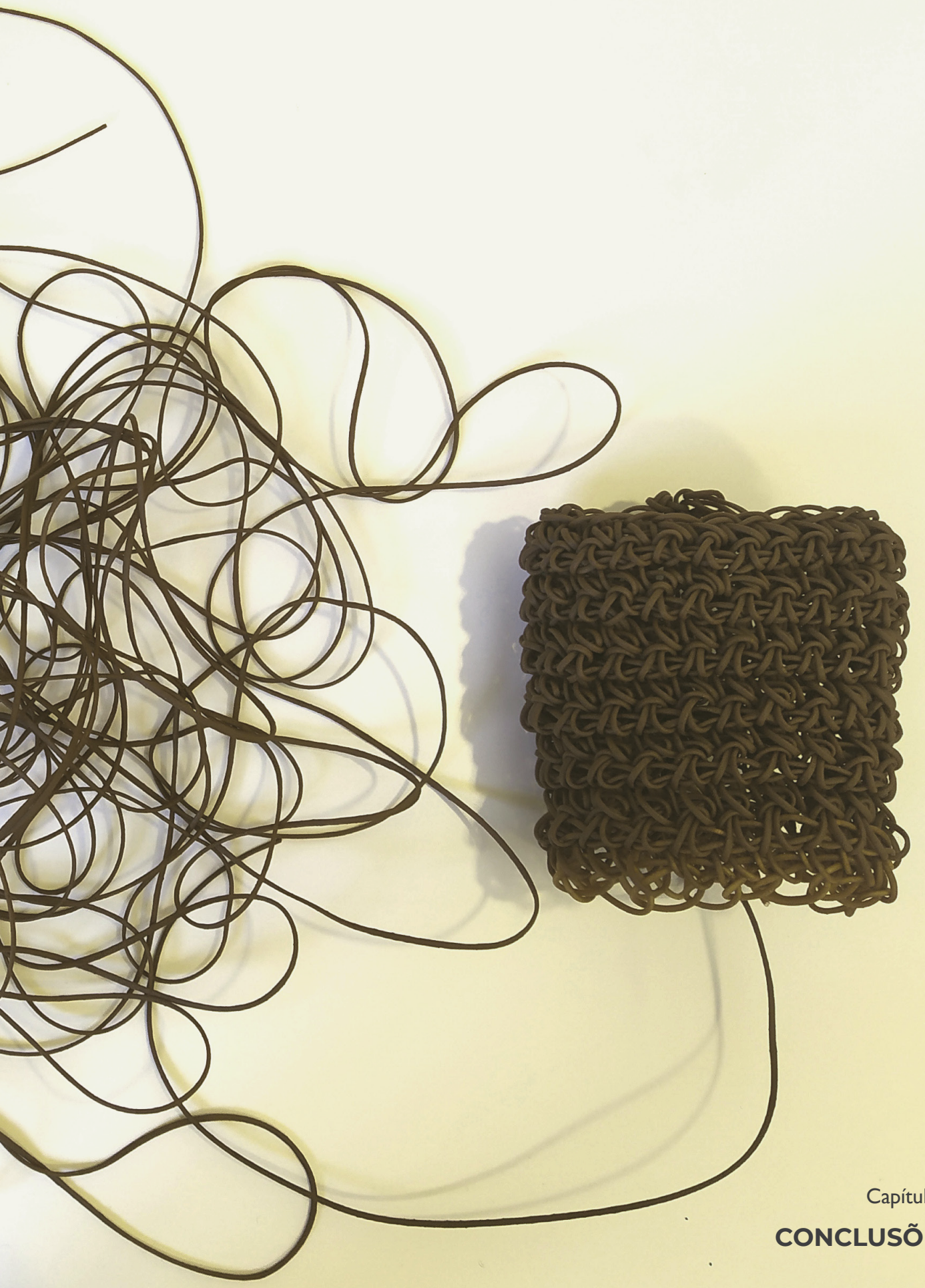
Para um segundo protótipo, seria interessante em vez de costurar as laterais para fechar o objeto, utilizar da própria característica do material em "colar-se" enquanto ainda está em processo de secagem fora do forno. Nesta fase seria possível juntar ambas as laterais. Isso tornaria o produto mais rápido de ser produzido e faria com que o estojo fosse produzido apenas com a utilização de um único material (fig. 115).



Fig. 115 - Opção sem costurar para o estojo.



Fig. 116- Amostras desenvolvidas durante a fase de testes com materiais (imagem desenvolvida pela autora).



Capítulo 5

CONCLUSÕES

5.1 Conclusões

A investigação desenvolvida aborda a possibilidade de valorização e upcylcing dos bio-resíduos no desenvolvimento de novos materiais para aplicações na área do design de produto através do conceito do design circular. O caso de estudo apresenta o desenvolvimento de uma proposta experimental de novos materiais com a utilização de cascas de fruta em conjunto com biopolímeros biodegradáveis. Relativamente aos materiais compósitos com biopolímeros, foi possível perceber que a quantidade e tipologia das cascas de fruta influenciam na aparência e nas propriedades do material compósito. Conclui-se que é possível desenvolver a extrusão de filamentos de PLA e TPS com aditivos de cascas de laranja. Assim é evidenciada a possibilidade em desenvolver materiais a partir de bio-residuos de fontes orgânicas com o intuito de criar os produtos que utilizamos diariamente a partir da valorização de bio-resíduos. Relativamente à proposta de aplicação do material, conclui-se que a partir do método de fabrico aditivo (impressão 3D) é possível desenvolver produtos pessoais personalizados de uso diário sem que seja necessário o desenvolvimento de moldes e sem que haja grande perda de material durante o processo produtivo.

Conclui-se que o design de materiais e produtos colaboram na valorização dos bio-resíduos e apresentam uma oportunidade e alternativa de utilização deste tipo de resíduos de modo inovador. Como foi possível perceber a partir da aplicação do método MDD com os possíveis utilizadores, conclui-se que a aparência dos materiais desenvolvidos a partir das cascas de fruta despertam primeiras impressões positivas, curiosidade e interesse. Por este motivo a aplicação de cascas de fruta em produtos pessoais aparenta ser uma boa proposta. Neste contexto é possível imaginar um futuro no qual os produtos que utilizamos diariamente sejam projetados com materiais compatíveis com a natureza. Além disso, ao explorar a circularidade dos materiais por meio do design de produto, é possível desenvolver um cenário no qual os materiais não sejam mais desperdiçados, e sejam sempre considerados matéria prima para outras indústrias.

5.2 Considerações finais e desenvolvimentos futuros

Relativamente ao desenvolvimento do filamento para impressão 3D, ainda é necessário ensaios futuros. Os filamentos desenvolvidos com as cascas de laranja e matriz de PLA ou TPS possuem partes com grandes variações de diâmetro, o que inviabilizam a sua utilização como foi proposto na aplicação (óculos de sol). Relativamente ao filamento de PLA e cascas de laranja, é necessário investigar quais as variáveis que causam a instabilidade no diâmetro do filamento. O tamanho dos grãos presentes no pó das cascas de fruta têm grande influência no resultado, por este motivo é necessário o desenvolvimento de um ensaio de granulometria antes de realizar a mistura com o aglutinante, por isso seria necessário desenvolver novamente o filamento com os grãos mais finos. Outro motivo que pode provocar a instabilidade no diâmetro do filamento pode estar associado a percentagem de cascas de laranja adicionadas ao biopolímero, assim é necessário o desenvolvimento de diversas combinações com quantidades diferentes para analisar qual a valor ideal de cascas de laranja na mistura do material compósito.

Relativamente à compatibilidade térmica entre as cascas de fruta e as matrizes poliméricas, é necessário ressaltar que os biopolímeros utilizados (PLA e TPS) possuem a temperatura de transição vítrea (Tg) maiores do que as cascas de laranja suportam. Assim, para aproveitar do benefício da coloração laranja das cascas da fruta e tingir o material de modo natural sem que a coloração laranja seja alterada, é necessário um desenvolvimento futuro. Por fim, é necessário ressaltar que para validar e tornar os materiais experimentais desenvolvidos durante a investigação completamente funcionais, é preciso a realização de ensaios e testes de caracterização mecânica (ensaio de tração, flexão, impacto, compressão etc.), para definir as propriedades do material e validar completamente a proposta de aplicação. Além disso, é necessário o desenvolvimento de ensaios relativamente à qualidade de biodegradabilidade do material compósito, para verificar como a adição das cascas de fruta influenciam positivamente no comportamento dos biopolímeros relativamente a compostabilidade industrial. Por fim, a matriz polimérica termoplástica possibilita que o material seja reciclado, porém é preciso desenvolver testes para verificar as possibilidades de reciclagem do material aditivado, o das cascas de fruta. Além disso ainda é preciso realizar testes com os utilizadores do produto no qual o material foi aplicado para validar o produto em questão de conforto e usabilidade. Além de avaliar se o material aplicado no produto realmente desperta o interesse e é considerado como um objeto de valor pelos utilizadores.

Referências Bibliográficas

Acquavia, M. A., Pascale, R., Martelli, G., Bondoni, M., & Bianco, G. (2021). Natural polymeric materials: A solution to plastic pollution from the agro-food sector. Polymers, 13(1), 1–39. https://doi.org/10.3390/polym13010158

Agência Portuguesa do Ambiente. (2019). Relatório do Estado do Ambiente Portugal. 82. https://sniambgeoviewer.apambiente.pt/GeoDocs/geoportaldocs/rea/REA2019/REA2019.pdf

Agronegocios. (2016). Citricultura: um setor com potencial em Portugal. http://www.agronegocios.eu/noticias/citricultura-um-setor-com-potencial-em-portugal/.

Amilton J. V. Arruda (Organizador). (2018). Ensaios sobre Design, Biônica e Biomimética Métodos e processos em biônica e biomimética: a revolução tecnológica pela natureza. Blucher.

Associação Portuguesa de Nutrição. (2017). Colher Saber - A fruta na alimentação. https://www.apn.org.pt/documentos/ebooks/AW_EBook_ColherSaber.pdf

Ayala-Garcia, C., & Rognoli, V. (2017). The New Aesthetic of DIY-Materials. Design Journal, 20(sup1), S375–S389. https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352905

Benyus, J. M. (1997). Biomimicry: Innovation inspired by nature (p. 320). New York: Morrow.

Berman, B. (2012). 3-D printing: The new industrial revolution. Business Horizons, 55(2), 155–162. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2011.11.003

Bonsiepe, G. (2013). Design, Cultura e Sociedade (1st ed.). Editora Blucher.

Braungart, M., & McDonough, W. (2002). Cradle to cradle (1st ed.). Douglas & Mc intyre l. td. www.fsgbooks.com

Brown, V. (2015). Cool Shades: The History and Meaning of Sunglasses (1st ed., Vol. 1). Bloomsbury Academic.

Camera, S., & Karana, E. (2018). Experiential Characterization of Materials: toward a toolkit. In DRS2018: Catalyst (Vol. 4, Issue March 2019). https://doi.org/10.21606/drs.2018.508

Canavarro, V., Alves, J. L., & Rangel, B. (2017). Coffee powder reused as a composite material. Advanced Structured Materials, 65, 113–123. https://doi.org/10.1007/978-3-319-50784-2_9

Cardoso, R. (2000). Uma introdução a Historia do Design. São paulo. Edgard Blucher

Cardoso, R. (2016). Design para um mundo complexo (1st ed.). São Paulo. UBU Editora.

Cecchini, C. (2017). Bioplastics made from upcycled food waste. Prospects for their use in the field of design. Design Journal, 20(sup1), S1596–S1610. https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352684

Chapman, J. (2005). Emotionally durable design: Objects, experiences and empathy. In Emotionally Durable Design: Objects, Experiences and Empathy. Londes. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781849771092

Chieza, N., Ginsberg, A. D., Lee, S., Agapakis, C., & Vilutis, J. (2019). Design With Science. JODS - Journal of Design and Science, 1–39. https://jods.mitpress.mit.edu/pub/issue4-agapakis-lee/release/1

Consoni, Â. J. et al. (2002). Origem e composição do Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado.

Crocker, R. (2016). Somebody Else's Problem: Consumerism, Sustainability and Design (1 (ed.)). Routledge.

Cypriano, D. Z., Da Silva, L. L., Mariño, M. A., & Tasic, L. (2017). Orange biomass by-products. Revista Virtual de Quimica, 9(1), 176–191. https://doi.org/10.21577/1984-6835.20170014

Davis, C. (n.d.). Bioplastic recipe. FabTextiles, 3.

da Silva, A. P., Pereira, M. D. P., Passador, F. R., & Montagna, L. S. (2020, December). PLA/Coffee Grounds Composites: A Study of Photodegradation and Biodegradation in Soil. In Macromolecular Symposia (Vol. 394, No. 1, p. 2000091).

De Assis Gonsalves, A., Araujo, C. R. M., Soares, N. A., Goulart, M. O. F., & De Abreu, F. C. (2011). Diferentes Estrategias Para A Reticulaqao De Quitosana. Quimica Nova, 34(7), 1215–1223. https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000700021

De Freitas Soares, Theska Laila; De Arruda, Amilton José Vieira (2018). Novas estratégias da biomimética: as analogias no biodesign e na bioarquitetura. MIX Sustentável, 4.1: 73-82.

De Freitas Soares, Theska Laila; De Arruda, Amilton José Vieira (2018) Fundamentos da Biônica e da Biomimética e Exemplos Aplicados no Laboratório de Biodesign na UFPE, Ensaios sobre Design, Biônica e Biomimética Métodos e processos em biônica e biomimética: a revolução tecnológica pela natureza. Blucher.

Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. (2021). Citrus : World Markets and Trade.

Detanico, F. B., Teixeira, F. G., & Koltermann da Silva, T. L. (2010). A biomimética como método criativo para o projeto de produto. Design e Tecnologia, 1(02), 101. https://doi.org/10.23972/det2010iss02pp101-113

Dilucia, F., Lacivita, V., Conte, A., & Nobile, M. A. Del. (2020). Enhance Food Packaging Performance. Foods 2020, 9, 857; doi:10.3390/foods9070857

Duarte, É. B., Andrade, F. K., Lima, H. L. S., Nascimento, E. S. do, Carneiro, M. J. M., Borges, M. de F., Luz, E. P. C. G., Chagas, B. S. das, & Rosa, M. de F. (2019). Celulose bacteriana: propriedades, meios fermentativos e aplicações. Documentos (Embrapa Agroindústria Tropical), 186, 1–37. https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1109174/celulose-bacteriana-propriedades-meios-fermentativos-e-aplicacoes%0Ahttp://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/197530/1/DOC19001.pdf

Ellen Macarthur Foundation. (2013). Towards the Circular Economy: Opportunities for the consumer goods sector. In Ellen MacArthur Foundation.

European Environmental Bureau (EEB). (2020). NOVA LEGISLAÇÃO DE REUTILIZAÇÃO E PREVENÇÃO DE RESÍDUOS NA EUROPA (Issue Ld).

Evrim, B., Davis, G., & Tubay, J. (2020). Recipes for Waste-Tooling: Using Food Waste in Design. 962–967. https://doi.org/10.5151/sigradi2020-130

Fry, T. (2009). Design Futuring: Sustainability,Ethics and New Practice.
Berg Publishers

Gausa, M. N., Pericu, S., Canessa, N., & Tucci, G. (2020). Creative food cycles: A cultural approach to the food life-cycles in cities. Sustainability (Switzerland), 12(16). https://doi.org/10.3390/su12166487

Gomes Viana, L., & Silva Cruz, P. (2016). Reaproveitamento De Resíduos Agroindustriais. Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental, IV, 1–3.

Gowman, A. C., Picard, M. C., Lim, L.-T., Misra, M., & Mohanty, A. K. (2019). Fruit waste valorization for biodegradable biocomposite applications: A review. BioResources, 14(4), 10047–10092. https://doi.org/10.15376/biores.14.4.gowman

Graham, D. L., & Ritchie, K. L. (2019). Making a Spectacle of Yourself: The Effect of Glasses and Sunglasses on Face Perception. Perception, 48(6), 461–470. https://doi.org/10.1177/0301006619844680

Hekkert, P., & Karana, E. (2013). Designing Material Experience. Materials Experience: Fundamentals of Materials and Design, 3–13. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-099359-1.00001-1

Kanan, M., Bugin, L. A. K., Miritz, S., De Jacques, J. J., & Cândido, L. H. A. (2019). Sunglasses frame recyclability analysis: Polycarbonate vs wood. Sustentabilidade Em Debate, 10(1), 159–174. https://doi.org/10.18472/SustDeb.v10n1.2019.20161

Kalita, N. K., Hazarika, D., Kalamdhad, A., & Katiyar, V. (2021). Biodegradation of biopolymeric composites and blends under different environmental conditions: Approach towards end-of-life panacea for crop sustainability. Bioresource Technology Reports, 15, 100705.

Karana, E. (2009). Meaning driven materials selection in design education. 69–80. International Conference on Engineering Design, Stanford University,. https://www.designsociety.org/publication/28870/Meaning+Driven+Materials+Selection+in+Design+Education

Karana, E., Barati, B., Rognoli, V., & Laan, A. Z. Van Der. (2015). Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences. 9(2), 35–54.

Katerina Medkova and Brett Fifield. (2016). Circular Design - Design for Circular Economy. In Lahti Cleantech Annual Review 2016.

Krucken, L. (2009). Design e territorio: valorização de identidades. São Paulo. Studio Nobel

Lee, L., Burnett, A. M., Panos, J. G., Paudel, P., Keys, D., Ansari, H. M., & Yu, M. (2020). 3-D printed spectacles: potential, challenges and the future. Clinical and Experimental Optometry, 103(5), 590–596. https://doi.org/10.1111/cxo.13042

Leite, R. (2020). DESIGN A PARTIR DE RESÍDUOS DESIGN DE PRODUTOS - CASCAS DE OVOS. Universidade do Porto.

Lobach, B. (2001). Design industrial: Bases para a configuração dos produtos industriais.São Paulo. Editora Edgard Bucher.

Manzini, E., & Vezzoli, C. A. (2002). O desenvolvimento de produtos sustentáveis. Os requisitos ambientais dos produtos industriais (pp. 89-345). Edusp.

Manzini, E. (2013). Small, Local, Open and Connected: Resilient Systems and Sustainable Qualities. https://designobserver.com/feature/small-local-open-and-connected-resilient-systems-and-sustainable-qualities/37670

Manzini, E. (2017). Design quando todos fazem design. Uma introdução ao design para a inovação social. (C. de tradução: L. Araújo (ed.)). Unisinos.

Margolin, V. (2002). The Politics of the Artificial. Essays on Design and Design Studies. THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS

Mike Ashby and Kara Johnson. (2003). Materials and design: the art and science of material selection in product design. In Materials & Design (Vol. 24, Issue 5). https://doi.org/10.1016/s0261-3069(03)00043-8

Myers, W. (2018). Introduction to Biodesign: From Inspiration to Integration by William Myers.

Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T. Q., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. Composites Part B: Engineering, 143(February), 172–196. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012

Norman, D. A. (2008). Design emocional: porque adoramos (ou detestamos) os objetos do dia a dia. Rocco.

Papanek, V. (1972). Design for the Real World by Victor Papanek. https://monoskop.org/images/f/f8/Papanek_Victor_Design_for_the_Real_World.pdf

Parlamento Europeu. (2010). Gestão de bio-resíduos na União Europeia.

Pasricha, A., & Greeninger, R. (2018). Exploration of 3D printing to create zero-waste sustainable fashion notions and jewelry. Fashion and Textiles, 5(1). https://doi.org/10.1186/s40691-018-0152-2

Peter Joore, Marcel Crul, Sine Celik, Yekta Bakırlıoğlu, Eileen Blackmore, Adam DeEyto, Anna Velander Gisslén , Karin Habermann, Àlex Jiménez, Boris Lazzarini, Jonas Martens, Muireann McMahon, Alba Obiols, Pat O'Donnell, Marc O'Riain, Nazli Ozkan, Marta S, R. W. (2019). Circular Design Handbook-A learning guide for design professionals.

Parisi, S., Rognoli, V., & Sonneveld, M. (2017). Material Tinkering. An inspirational approach for experiential learning and envisioning in product design education. Design Journal, 20(sup1), S1167–S1184. https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1353059

Peter Joore, Marcel Crul, Sine Celik, Yekta Bakırlıoğlu, Eileen Blackmore, Adam DeEyto, Anna Velander Gisslén , Karin Habermann, Àlex Jiménez, Boris Lazzarini, Jonas Martens, Muireann McMahon, Alba Obiols, Pat O'Donnell, Marc O'Riain, Nazli Ozkan, Marta S, R. W. (2019). Circular Design Handbook-A learning guide for design professionals.

Rawsthorn, A. (2015). Hello World : Where Design Meets Life (p. 336). Penguin USA

Rivas-Cantu, R. C., Jones, K. D., & Mills, P. L. (2013). A citrus waste-based biorefinery as a source of renewable energy: Technical advances and analysis of engineering challenges. Waste Management and Research, 31(4), 413–420. https://doi.org/10.1177/0734242X13479432

Rognoli, V., & Ayala Garcia, C. (2019). Material activism. New hybrid scenarios between design and technology. Cuadernos Del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación, 70. https://doi.org/10.18682/cdc.vi70.1143

Rognoli, V., Bianchini, M., Maffei, S., & Karana, E. (2015). DIY materials. Materials and Design, 86, 692–702. https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.07.020

Rossini, V., & Naspolini Sanches, S. H. D. F. (2017). Obsolescência Programada E Meio Ambiente: a Geração De Resíduos De Equipamentos Eletroeletrônicos. Revista de Direito e Sustentabilidade, 3(1), 51. https://doi.org/10.26668/indexlawjournals/2525-9687/2017.v3i1.2044

Sachidhanandham, A. (2020). Textiles from orange peel waste. Science and Technology Development Journal, 23(2), First. https://doi.org/10.32508/stdj.v23i2.1730

Saleem, M., & Saeed, M. T. (2020). Potential application of waste fruit peels (orange, yellow lemon and banana) as wide range natural antimicrobial agent. Journal of King Saud University- Science, 32(1), 805–810. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2019.02.013

Santulli, C., & Langella, C. (2011). Introducing students to bio-inspiration and biomimetic design: A workshop experience. International Journal of Technology and Design Education, 21(4), 471–485. https://doi.org/10.1007/s10798-010-9132-6

Silva, S. P. M. (2021). Compósitos de Cortiça – Uma solução sustentável em Moldação por Injeção e Manufatura Aditiva. In Universidade de Aveiro. https://doi.org/10.14195/0870-8584_5_1

Secretaria de Estado do Ambiente, & Ministério do Ambiente e da Ação Climática. (2020). Biorresíduos: Contas certas nos resíduos.

Tello, J. A., Zapata, M., & Paillacho, D. (2020). Sustainable 3D Printing: Design Opportunities and Research Perspectives (Vol. 975). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20216-3

Tozatti, P. (2013). Utilização de Resíduo de Laranja na Elaboração de Biscoitos Tipo Cracker. RECEN- Revista Ciências Exatas e Naturais, 15(1), 135–150.

Tsang, Y. F., Kumar, V., Samadar, P., Yang, Y., Lee, J., Ok, Y. S., Song, H., Kim, K. H., Kwon, E. E., & Jeon, Y. J. (2019). Production of bioplastic through food waste valorization. Environment International, 127(January), 625–644. https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.03.076

Vasileiadis, T., Tzotzis, A., Tzetzis, D., & Kyratsis, P. (2019). Combining product and packaging design for increased added value and customer satisfaction. Journal of Graphic Engineering and Design, 10(2), 5–15. https://doi.org/10.24867/JGED-2019-2-005

Wahl, F., Zhang, R., Freund, M., & Amft, O. (2017). Personalizing 3D-Printed Smart Eyeglasses to Augment Daily Life. Computer, 50(2), 26–35. https://doi.org/10.1109/MC.2017.44

Wahl, D. C. (2006). Bionics vs. Biomimicry: From control of nature to sustainable participation in nature. New Forest, WIT Transactions on Ecology and the Environment. https://doi:10.2495/DN060281

Whiteley, N. (1993). Design for Society (3rd ed.). Reaktion Books.

Zhou, J., Barati, B., Wu, J., Scherer, D., & Karana, E. (2021). Digital biofabrication to realize the potentials of plant roots for product design. Bio-Design and Manufacturing, 4(1), 111–122. https://doi.org/10.1007/s42242-020-00088

Webgrafia

Amadou Leather. (n.d.). Amadou Leather. Retrieved June 30, 2021, from https://www.amadouleather.com/

Bibol. (n.d.). Small eggshell bamboo salad bowl. Retrieved June 26, 2021, from https://www.bibol.fr/en/231-tchon-eggshell-S-small-salad-bowl-bamboo-3701161802126.html

Brooklyn Museum. (2013). Ainu Man's Ceremonial Robe. https://www.brooklynmuseum.org/opencollection/objects/6433

Cremedesign. (n.d.). The Gourd Project. Retrieved June 26, 2021, from http://cremedesign.com/product/gourds

Davis, C. (2020). O-TRASH2 BAGS COLLECTION. https://clara-davis.com/albums/o-trash-bags-collection/

Design break online. (2011). Student Break: Ori Sonnenschein | Smell Your Tableware. https://designbreakonline.com/student-break-ori-sonnenschein-smell-your-tableware/

Design Indaba. (2008). Yves is for the children. Design Indaba. https://www.designindaba.com/articles/creative-work/yves-children

Faber Futures LAB. (2011). Project Coelicolor. https://faberfutures.com/projects/project-coelicolor/

Gionata Gatto. (2013). Agricola. http://www.gionatagatto.com/Agricola_Design.html

Ignant. (n.d.). Neal Aronowitz's Concrete Canvas Collection. https://www.ignant.com/2018/01/29/neal-aronowitzs-concrete-canvas-collection/

Ivanova, N. (n.d.). The T-Probe:A fashion-led approach to advance understanding of novel and challenging material concepts and sensory experiences. http://www.ninelaivanova.co.uk/research/

Jennifer Hahn. (2021). Phillip Lim and Charlotte McCurdy adorn couture dress with algae sequins to avoid “reaching for polyester.” Dezeen. https://www.dezeen.com/2021/02/22/charlotte-mccurdy-phillip-lim-algae-sequin-dress-onexone/

Krejci, P. (2017). Mushroom mycelium used to create suede-like furniture by Sebastian Cox and Ninela Ivanova. Dezeen. www.dezeen.com/2017/09/20/mushroom-mycelium-timber-suede-like-furniture-sebastian-cox-ninela-ivanova-london-design-festival/

Malai. (n.d.). Malai. Retrieved June 26, 2021, from https://malai.eco/

Matandme. (2011). ALKESH PARMAR: NATURE-INSPIRED DESIGN PRINCIPLES. http://matandme.com/alkesh-parmar-nature-inspired-design-principles/

Material District. (2015). ROTTERDAM FRUITLEATHER. https://materialdistrict.com/material/rotterdam-fruitleather/

Medium. (n.d.). Orange Fiber. Nirvana CPH by Ma-Tt-Er. Retrieved June 30, 2021, from https://medium.com/material-monday/material-monday-orange-fiber-3ae353d3950a

Mutualart. (1997). No Title. Sponge Vase and Foam Bowl. https://www.mutualart.com/Artwork/Sponge-vase-and-Foam-bowl/39E178F71B8A769A

Nam Mushroom. (n.d.). Home Grow Kit - Pleurotus Cinzentos. Retrieved June 26, 2021, from https://nammushroom.com/collections/frontpage/products/home-grow-kit

Osklen. (n.d.). Tênis Feminino Osklen Handmade Pirarucu. Retrieved June 26, 2021, from https://www.osklen.com.br/produto/tenis-handmade-pirarucu-offwhite-62046-18

Precious Plastic. (n.d.). Turn plastic into Precious plastic. Retrieved June 26, 2021, from https://preciousplastic.com/solutions/products.html

Ribul, M. (2013). RECIPES FOR MATERIAL ACTIVISM. https://www.materialactivism.com/recipes-for-material-activism

Sarah Harbarth. (n.d.). Banana peel - Kuori. Future Materials Bank. Retrieved June 26, 2021, from https://www.futurematerialsbank.com/material/banana-peel/

Scarpato, C. (2020). Bethany Williams. Gorunway. https://www.vogue.com/fashion-shows/fall-2020-menswear/bethany-williams

Scherer, D. (2021). Interwoven. dianascherer.nl/

Sicher, E. (2017). From Peel to Peel. https://frompeeltopeel.tumblr.com/PACKAGING

Smits, R. (n.d.). Fransje Gimbrere's Standing Textiles. Ignant. Retrieved June 26, 2021, from www.ignant.com/2018/01/12/fransje-gimbreres-standing-textiles/

The Arts Foundation. (2021). Shellworks. Materials Innovation. https://artsfoundation.co.uk/directory/the-shellworks/

The Mediated Matter group. (n.d.). Programmable Water-Based Biocomposites for Digital Design and Fabrication across Scales. Retrieved June 26, 2021, from https://www.media.mit.edu/projects/aguahoja/overview/

Tielman, M. (2013). Art in the Everyday: Tupperware — An American Design Classic. Design Sponge. http://www.designsponge.com/2013/03/art-in-the-everyday-tupperware.html

Vintage for a Cause. (2021). Simone Jacket blue version. https://vintageforacause.pt/collections/review-reuse-by-katty-xiomara/products/london-jacket-blue

ANEXOS

ANEXO I (Ficha técnica PLA:)

Distributed by RESINEX

Ingeo™ 3251D

NatureWorks® LLC - Polylactic Acid

Monday, November 19, 2018

General Information

Product Description

Ingeo biopolymer 3251D is designed for injection molding applications. This polymer grade has a higher melt flow capability than other Ingeo resin grades currently in the marketplace. The higher flow capability allows for easier molding of thin-walled parts.

It is designed for injection molding applications, both clear and opaque, requiring high gloss, UV resistance and stiffness.

General			
Material Status	• Commercial: Active		
Availability	• Africa & Middle East • Asia Pacific	• Europe • Latin America	• North America
Features	• Compostable • Food Contact Acceptable • Good Stiffness	• High Flow • High Gloss • Renewable Resource Content	• UV Resistant
Uses	• Thin-walled Parts		
Agency Ratings	• ASTM D6400 • EN 13432	• EU 10/2011 • EU 94/62/EC	• FDA Food Contact, Unspecified Rating
Appearance	• Clear/Transparent	• Opaque	
Forms	• Pellets		
Processing Method	• Injection Molding		

ASTM & ISO Properties [1]

Physical	Nominal Value	Unit	Test Method
Density / Specific Gravity	1.24	g/cm³	ASTM D792
Melt Mass-Flow Rate (MFR)			ASTM D1238
190°C/2.16 kg	35	g/10 min	
210°C/2.16 kg	80	g/10 min	
Molding Shrinkage - Flow	0.30 to 0.50	%	
Relative Viscosity	2.50		
Mechanical	**Nominal Value**	**Unit**	**Test Method**
Tensile Strength (Yield)	62.1	MPa	ASTM D638
Tensile Elongation (Break)	3.5	%	ASTM D638
Flexural Strength	108	MPa	ASTM D790
Impact	**Nominal Value**	**Unit**	**Test Method**
Notched Izod Impact	16	J/m	ASTM D256
Thermal	**Nominal Value**	**Unit**	**Test Method**
Glass Transition Temperature	55.0 to 65.0	°C	ASTM D3417
Peak Crystallization Temperature (DSC)	155 to 170	°C	ASTM D3418
Optical	**Nominal Value**	**Unit**	
Clarity	Transparent		

Processing Information

Injection	Nominal Value	Unit
Suggested Max Moisture	< 0.010	%
Rear Temperature	166 to 177	°C
Middle Temperature	182 to 193	°C
Front Temperature	188 to 205	°C
Nozzle Temperature	188 to 205	°C

Injection	Nominal Value	Unit
Processing (Melt) Temp	188 to 210	°C
Mold Temperature	25	°C
Back Pressure	0.345 to 0.689	MPa
Screw Speed	100 to 200	rpm

Notes

[1] Typical properties: these are not to be construed as specifications.

Customer is responsible for determining whether products and the information in this document are appropriate for Customer's use and for ensuring that Customer's workplace and disposal practices are in compliance with applicable laws and other governmental enactments. Seller assumes no obligation or liability for the information in this document. **NO WARRANTIES ARE GIVEN; ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE EXPRESSLY EXCLUDED.**

ANEXO 2 (Ficha técnica Resina de Pinheiro: PR 268.3 Pine Rosins)

PINE ROSINS
PORTUGAL

V04 – January 2020

TECHNICAL DATA SHEET

PR 268.3

PRODUCT DESCRIPTION

PR 268.3 is a ester of gum rosin, which has been stabilized to provide excellent thermal resistance and excellent resistance to oxidation.

CHARACTERISTICS

Solid resin with a light yellow colour.

Compatible with most common materials such as, EVA polymers, SIS, SBR, natural rubber, butyl rubber, hydrocarbon and terpene resins.

This resin is soluble in aromatic and aliphatic hydrocarbon solvents, ester and ketones.

This resin is insoluble in ethanol and water.

PRODUCT SPECIFICATIONS

	Product specifications	Typical value	Units
Acid number	20 max.	18	mg KOH/g
Softening Point (R&B)	101-106	103	°C
Colour Gardner (50%, Toluene)	4 max.	2/3	

REGULATORY STATUS

This resin can be used to formulate flooring adhesives complying with EC1, EC1 Plus, Blue Angel and DIBt/AgBB.

APPLICATIONS

Has application and is specially recommended for use as "tackifier" in PSA, it has excellent thermal resistance, good compatibility with waxes, total compatibility with the most polymers, promotes excellent tack and adhesion to adhesives formulated with this resin.

This resin can be used in E.V.A. hot--melts, rubber compounding and road marking paints

FORM OF SUPPLY

Flakes: in 20 and 25 Kg bags, 500 and 1000 Kg big bags

Road tanks

SHELF LIFE

Twelve months under normal storage condition.

The information in this Technical Data Sheet is, to the best of our knowledge, true and accurate, but since the conditions of use are beyond our control, no warranty is given or to be implied in respect of such information. We are, at all times, willing to study customer's specific outlets involving our products in order to enable their most effective use.

EUROCHEMICALS PINE ROSINS PORTUGAL, S.A.
Avenida de São Romão, 3 - 4935-546 Neiva - Viana do Castelo - Portugal
email: commercial@pinerosins.com

KEMI – PINE ROSINS PORTUGAL, S.A.
Zona Industrial de Cantanhede, Lote 122 - 3060-197 Cantanhede - Portugal
email: commercial@pinerosins.com

ANEXO 3 (Ficha técnica PLA: Ingeo™ 4043D NatureWorks® Biopolimer)

NatureWorks

Ingeo™ Biopolymer 4043D Technical Data Sheet

3D Printing Monofilament – General Purpose Grade

Monofilament Applications

Ingeo 4043D can be converted into 3D printer monofilament. This multi-purpose extrusion grade results in 3D printing monofilament with excellent printability characteristics such as precise detail, good adhesion to build plates (no heating needed), less warping or curling, and low odor (no strong, greasy, or oily smell while printing). These properties make this grade well-suited for 3D printing using many different types of printers and for a broad range of printing applications.

Processing Information

Ingeo 4043D biopolymer is available in pellet form. Drying prior to processing is essential. The polymer is stable in the molten state, provided that the extrusion and drying procedures are followed.

Machine Configuration

Ingeo biopolymers will process on conventional extruders using general purpose screws with L/D ratios from 24:1 to 30:1 and compression ratio of 2.5:1 to 3:1. Smooth barrels are recommended. Optimization to your specific equipment may require NatureWorks technical support.

Process Details

Startup and Shutdown

Ingeo 4043D is not compatible with a wide variety of resins, and special purging sequences should be followed:

1. Clean extruder and bring temperatures to steady state with low-viscosity, general-purpose polystyrene or high MFR polypropylene.
2. Vacuum out hopper system to avoid contamination.
3. Introduce Ingeo polymer into the extruder at the operating conditions used in Step 1.
4. Once Ingeo biopolymer has purged, reduce barrel temperatures to desired set points.
5. At shutdown, purge machine with high-viscosity polystyrene or polypropylene.

Drying

In-line drying is required. A moisture content of less than 0.025% (250ppm) is recommended to prevent viscosity degradation. Typical drying conditions are 4 hours at 175°F (80°C) or to a dew point of -30ºF (-35°C), with an airflow rate greater than 0.5 cfm/lb of resin throughput. The resin should not be exposed to atmospheric conditions after drying. Keep the package sealed until ready to use and promptly reseal any unused material.

Typical Material Properties (1)		
Physical Properties	**Ingeo Resin**	**ASTM Method**
Specific Gravity, g/cc	1.24	D792
MFR, g/10 min(2)	6	D1238
Relative Viscosity(3)	4.0	D5225
Clarity	Transparent	-
Peak Melt Temperature, °C	145-160	D3418
Glass Transition Temperature, °C	55-60	D3418
Mechanical Property		
Tensile Yield Strength, psi (MPa)	8700 (60)	D882
Tensile Strength at Break, psi (MPa)	7700 (53)	D882
Tensile Modulus, psi (MPa)	524,000 (3.6)	D882
Tensile Elongation, %	6	D882
Notched Izod Impact, ft-lb/in (J/m)	0.3 (16)	D256
Flexural Strength, psi (MPa)	12,000 (83)	D790
Flexural Modulus, psi (MPa)	555,000 (3.8)	D790
Heat Distortion Temperature, °C 66 psi (0.45 MPa)	55	E2092

(1) Typical properties for injection molded amorphous bars; not to be construed as specifications.
(2) 210 °C/2.16 kg
(3) RV measured at 1.0 g/dL in chloroform at 30°C

Processing Temperature Profile (4)		
Melt Temp.	410°F	210°C
Feed Throat	113°F	45°C
Feed Temp.	355°F	180°C
Compression Section	375°F	190°C
Metering Section	390°F	200°C
Adapter	390°F	200°C
Die	390°F	200°C
Screw Speed	20-100 rpm	
Filament Diameter Inspection (on-line)	Essential for quality monofilament (+/- 3% max. deviation)	
3D Printing Temp.		190-230°C
Print Bed Temp.		None needed. (or 50-70°C if applicable)

(4) Starting points only, and may need to optimized depending on your system.

Ingeo and the Ingeo logo are trademarks or registered trademarks of NatureWorks LLC in the USA and other countries.

ANEXO 4 (Configurações de impressão utilizado na Impressora 3D Prusa i3 MK2 para o filamento de cascas de laranja e PLA)

TEMPERATURE				
Nozzle	First layer	215	Other layers	210
Bed	First layer	60	Other layers	60

ANEXO 5 (Ficha técnica TPS : Unik Biopar® PG1017)

united biopolymers

Certificado de Análise
(Certificate of Analysis)

Cliente / *Customer:* **ESAN**
Nº Amostra / *Sample number:* 21/027

Produto / *Product:* ***Unik Biopar® PG1017***

Lote / Batch: PG21010004

Peso / Weight (kg): 1

Parâmetro *(Parameter)*	**Unidade** *(Unit)*	**Resultado** *(Result)*	**Especificações** *(Specifications)*	**Método** *(Method)*
Humidade residual / Residual moisture *(130ºC/15min)*	%L	8,5	4 - 10	*Internal method UB001*
Melt volume rate *(130ºC/5,0kg)*	cm^3/10min	2,5	2 - 5	*ISO 1133*
Melt flow rate *(130ºC/5,0kg)*	g/10min	3,2	2 - 6	*ISO 1133*
Densidade / Density	g/cm^3	1,269	1,249 - 1,381	*Internal method UB004*

Data de análise / Analysis Date: 02/03/2021

Este documento não está assinado, pois é gerado pelo computador. / This document is not signed as it is generated by computer.

United Biopolymers, S.A.
Parque Industrial e Empresarial da Figueira da Foz
Praça das Oliveiras, Lote 126 ,Lavos
3090-451 Figueira da Foz
Portugal
Tel +351.233403420
info@unitedbiopolymers.com

versão 1, rev. 1, 14/01/2020

ANEXO 6 (Biblioteca: UPCYCLING DE BIO-RESÍDUOS)

MESTRADO EM DESIGN INDUSTRIAL E DE PRODUTO

DESIGN INDUSTRIAL

U.PORTO



BIBLIOTECA

UPCYCLING DE BIO-RESÍDUOS

PORTO, 2021

Erika Rusticci Bona



ÍNDICE

1. Casca de Maracujá

2. Casca de Beterraba

3. Casca de Uva

4. Casca de Limão

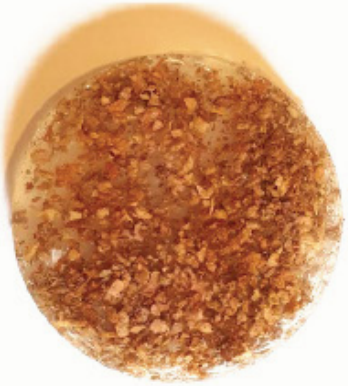
5. Casca de Laranja

5.1 Casca de Laranja e Tecido

6. Casca de Fruta e PLA

7. Filamentos



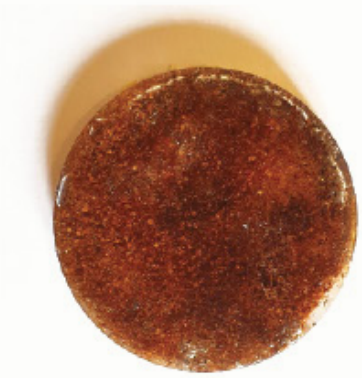















Biblioteca de materiais desenvolvida a partir de Bio-resíduos.
Amostras desenvolvidas na fase experimental da dissertação de mestrado “Design com Bio-resíduos: Uma proposta de design circular através da reciclagem e ressignificação de bio-resíduos”























CASCA DE MARACUJÁ





EQUIPAMENTOS	COMPONENTES	PROCESSO	OBSERVAÇÃO
Assadeira metálica Forno	Casca de Maracujá	- Secagem : Forno 3 horas 60°C	Amostra extremamente maleável e com aspecto de pele animal.









EQUIPAMENTOS	COMPONENTES	PROCESSO	OBSERVAÇÃO
Liquidificador Peneira Molde resistente ao calor	Casca de Maracujá	- Trituração : 5 min - Secagem em microondas : 10min - Secagem ao sol : 4h	Amostra rígida e sem maleabilidade,. cor e texturas naturais



EQUIPAMENTOS	COMPONENTES	PROCESSO	OBSERVAÇÃO
Liquidificador Peneira Molde resistente ao calor	Casca e sementes de Maracujá	- Trituração : 5 min - Secagem em microondas : 15min - Secagem ao sol : 4h	Amostra rígida e sem maleabilidade,. cor e texturas naturais

2



CASCA DE BETERRABA

Uma proposta

EQUIPAMENTOS

Liquidificador
Peneira

1. Casca de Beterraba e de Maracujá

Trituração : 5 min
Secagem em microondas : 10min
Secagem ao sol : 4h

OBSERVAÇÕES

Amostra rígida com coloração mista



EQUIPAMENTOS

Liquidificador
Peneira
Molde resistente ao calor
Microondas

2. Casca e polpa de Beterraba + Cenoura

Trituração : 8 min
Secagem em microondas : 10min
Secagem ao sol : 10h

OBSERVAÇÕES

Amostra com aspecto de papel e superfície com textura lisa



EQUIPAMENTOS

Liquidificador
Peneira

3. Casca e polpa de Beterraba

Trituração : 8 min
Secagem ao sol na peneira : 10h

OBSERVAÇÕES

Amostra com textura irregular



3



CASCA DE UVA

EQUIPAMENTOS

Liquidificador
Peneira

1. Casca de Uva

- Trituração : 8 min
- Secagem ao sol na peneira: 24h

OBSERVAÇÕES

Amostra com textura irregular



EQUIPAMENTOS

Liquidificador
Peneira

2. Casca de Uva

- Trituração : 5 min
- Secagem ao sol na peneira: 24h

OBSERVAÇÕES

Amostra com textura irregular



EQUIPAMENTOS

Panela
Liquidificador
Peneira

3. Casca de Uva

- Trituração : 5 min
- Prenssadas manualmente em panela antiaderente

OBSERVAÇÕES

Amostra com textura irregular



EQUIPAMENTOS	COMPONENTES	PROCESSO	OBSERVAÇÃO
Liquidificador Peneira	Casca de Jabuticaba	- Trituração : 10 min - Secagem ao sol : 5h	Amostra com aspecto de papel.



EQUIPAMENTOS	COMPONENTES	PROCESSO	OBSERVAÇÃO
Liquidificador Peneira	Casca de batata doce	- Trituração : 10 min - Secagem ao sol : 5h	Amostra com aspecto de papel.



4



CASCA DE LIMÃO



EQUIPAMENTO

Recipiente e colher

Molde resistente ao calor.

Forno

COMPONENTES

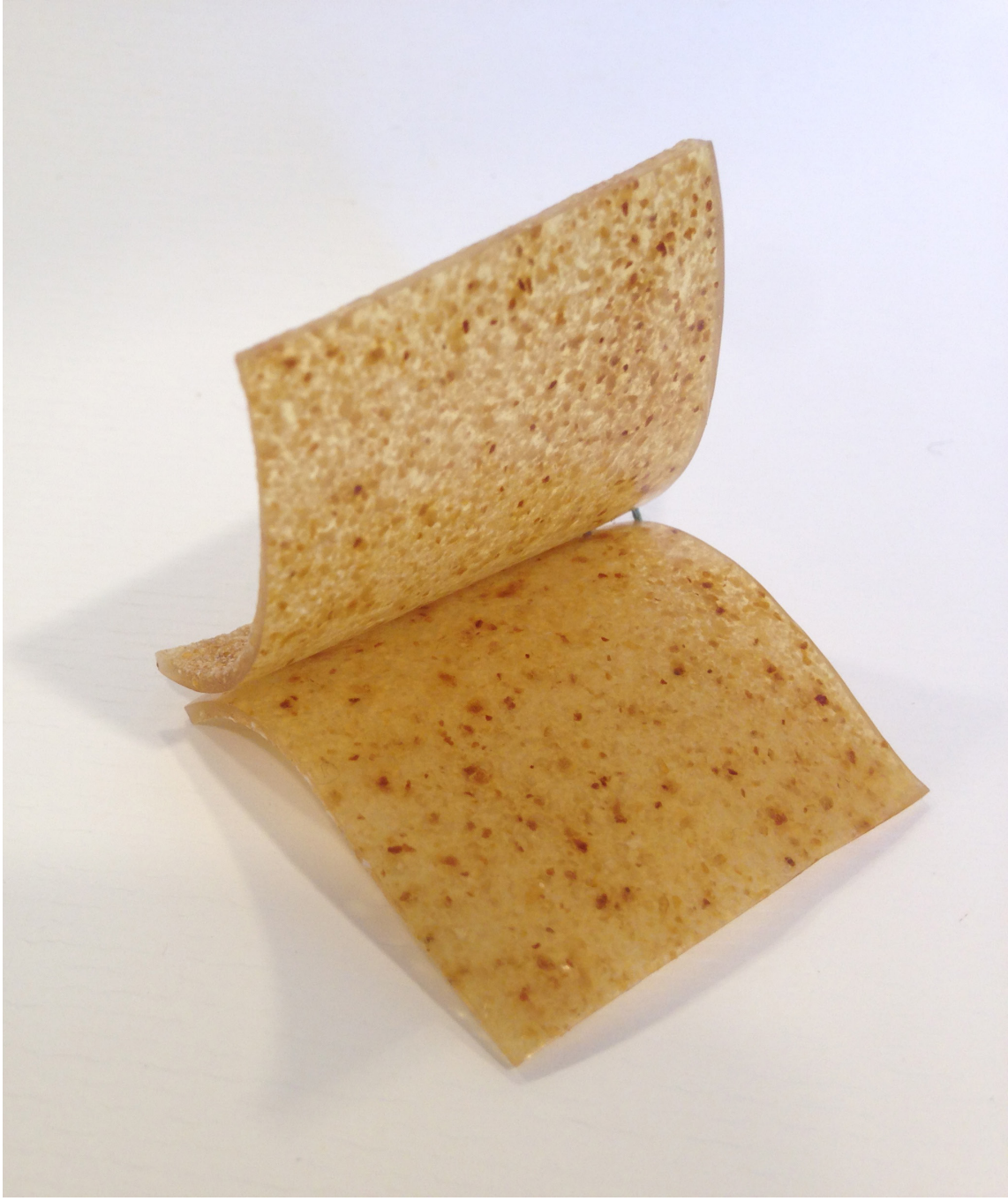
Casca de Limão: 1g
Biopolímero de Amido de Tapioca
Composição:
Amido de tapioca 20g
Glicerina 4g
Vinagre 25ml
Água 50ml

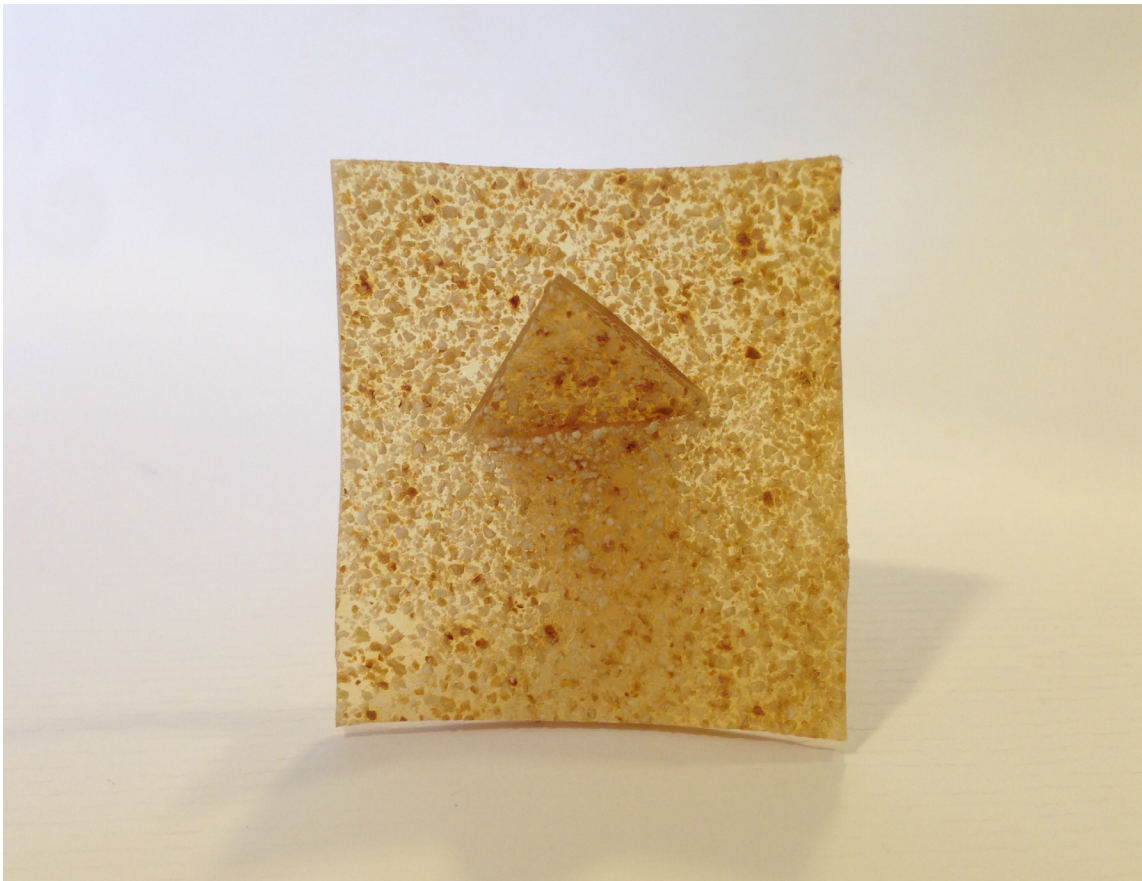
PROCESSO

1. Mistura do resíduo com aglutinante .
2. Molde em forma plana.
3. Secagem no forno por 150°C por 6 minutos, e fora do forno por 48 horas.

OBSERVAÇÃO

A amostra começa a vergar no proesso de secagem fora do frono. É resistente e maleável.





5



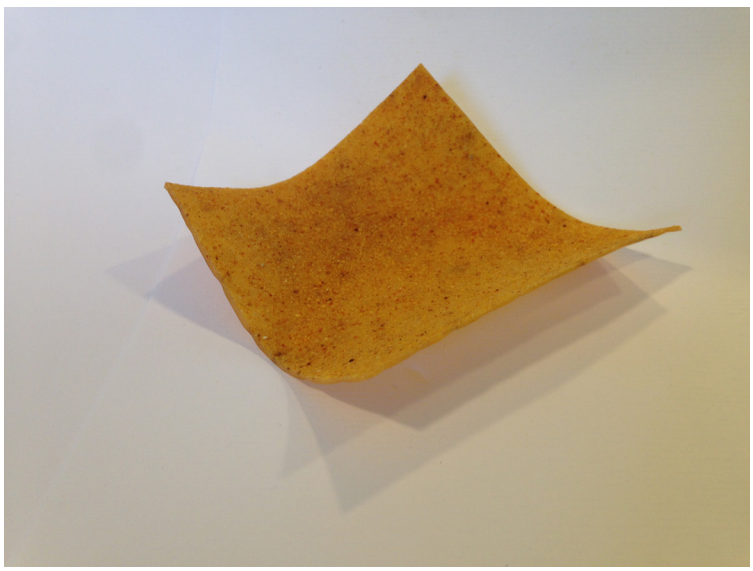
CASCA DE LARANJA

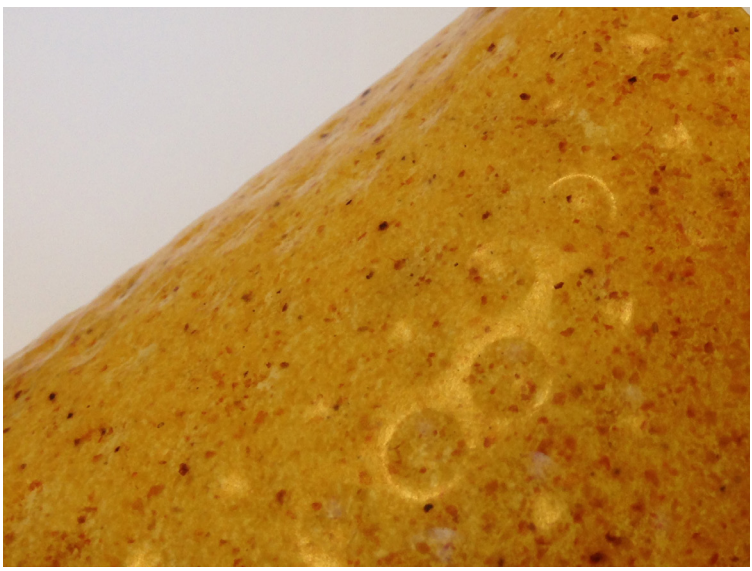




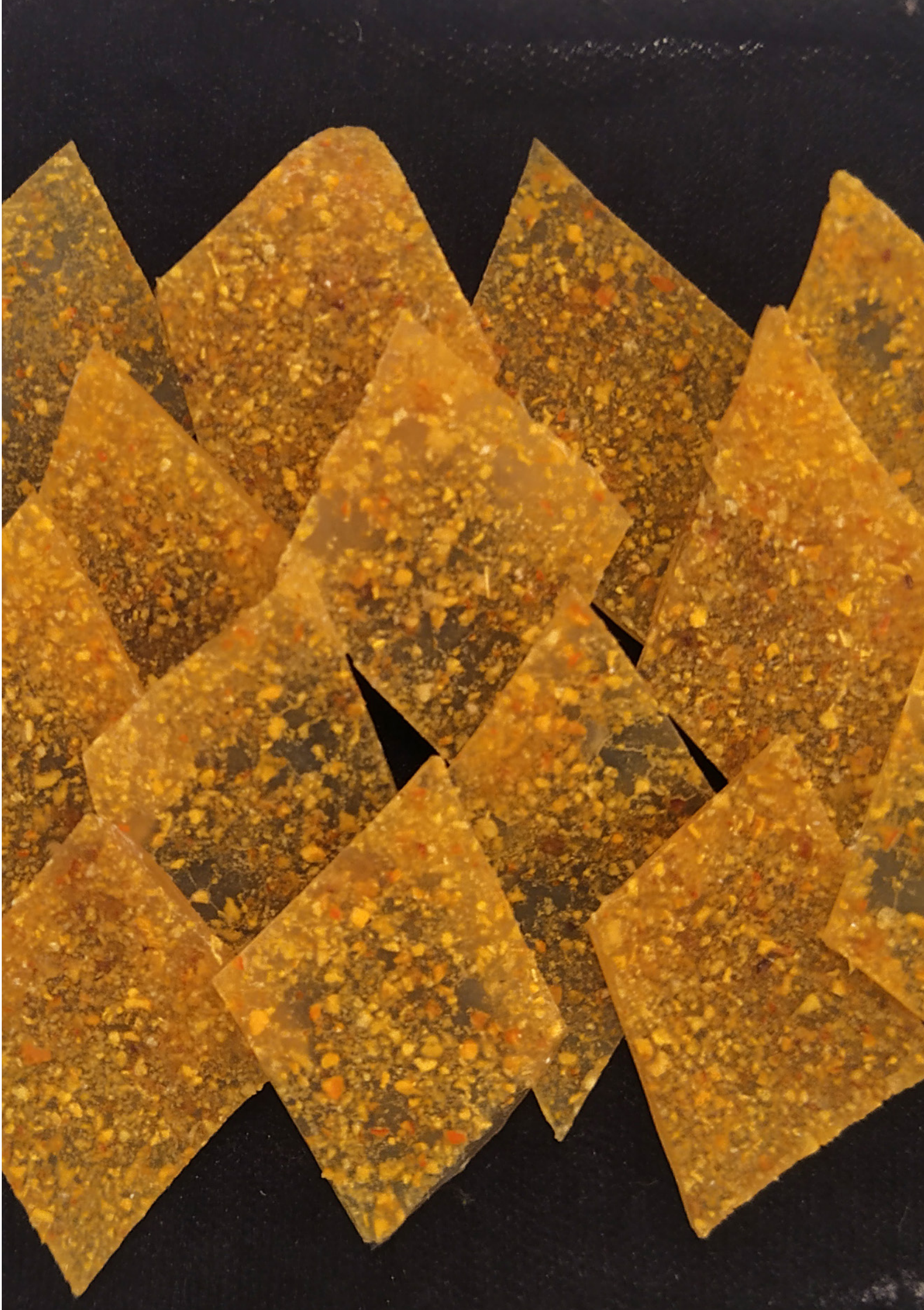
EQUIPAMENTOS	COMPONENTES	PROCESSO	OBSERVAÇÃO
Recipiente e colher Molde com textura resistente ao calor. Forno	Casca de Laranja : 1g Biopolímero de Amido de Tapioca Composição: Amido de tapioca 20g Glicerina 4g Vinagre 25ml Água 50ml	1. Mistura do resíduo com aglutinante . 2. Molde em forma plana. 3. Secagem no forno por 150°C por 6 minutos, e fora do forno por 72 horas.	A amostra começa a vergar no proesso de secagem fora do frono. É resistente, mas não muito maleável.











5.1



CASCA DE LARANJA + TECIDO

EQUIPAMENTO

Recipiente e colher

Molde resistente ao calor.

Forno

COMPONENTES

Casca de Laranja: 1g
Biopolímero de Amido de Tapioca
Composição:
Amido de tapioca 20g
Glicerina 4g
Vinagre 25ml
Água 50ml
Tesido de base

PROCESSO

1. Mistura do resíduo com aglutinante .
2. Molde em forma plana.
3. Secagem no forno por 150°C por 6 minutos, e fora do forno por 48 horas.

OBSERVAÇÃO

É resistente e muito maleável. Tem o comportamento similar ao de um tecido com acabamento emborrachado.





6



CASCAS DE FRUTA + PLA

EQUIPAMENTO

Molde de Silicone resistente ao calor

Colher

COMPONENTES

Casca de fruta: 1g

PLA 15g

PROCESSO

1. Aquecer o PLA no molde no forno por 40 minutos a 220°C.
2. Misturar as cascas de fruta com o PLA.
3. Fechar o molde.

OBSERVAÇÃO

Resistente, não possui uma mistura com as cascas muito homogênea. Superfície lisa e padrão irregular.



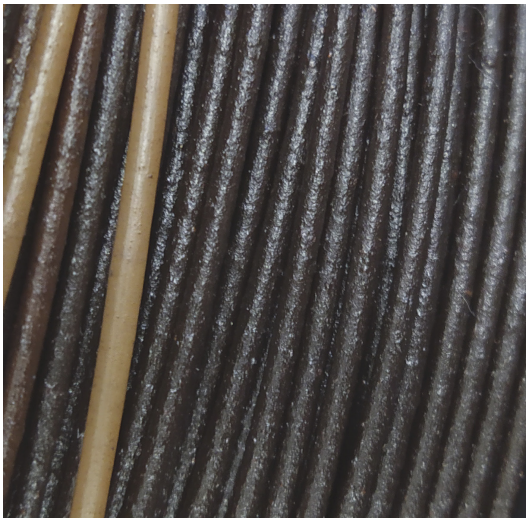


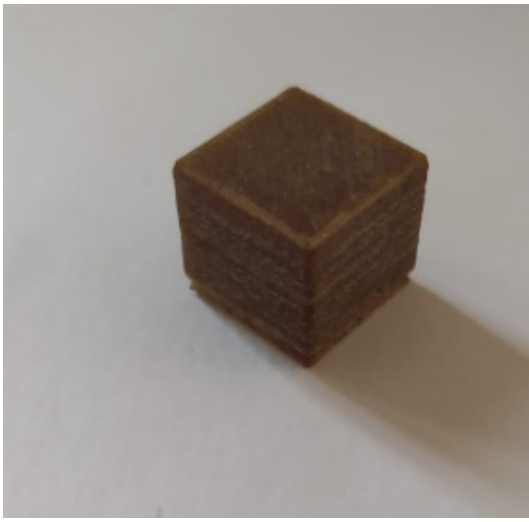
7



FILAMENTO











EQUIPAMENTOS	COMPONENTES	PROCESSO	OBSERVAÇÃO
Misturador de polímeros Granulador Dynisco Extrusora 3Devo	Casca de Laranja (43,55g) 10% PLA (345,4 g) 90 %	1. Mistura do resíduo com aglutinante . 2. Extrusão de um filamento.	Amostra com textura rugosa e coloração escura.















EQUIPAMENTOS	COMPONENTES	PROCESSO	OBSERVAÇÃO
Misturador de polímeros Granulador Dynisco Extrusora 3Devo	Casca de Laranja (21,62g) 5% TPS Unik Biopar® PG1017 (410,96 g) 95 %	1. Mistura do resíduo com aglutinante . 2. Extrusão de um filamento.	Amostra Flexível, toque emborrachado e coloração clara.





MAPA DE CARACTERIZAÇÃO EXPERENCIAL

Este mapa visa ajudá-lo
a entender como as pessoas
experimentam materiais.

start →

1. NÍVEL PERFORMATIVO

como você toca o material?

- pressionar
- fricção
- comprimir
- cutucar
- carinho
- mexer
- bater
- empurrar

como você move o material?

- dibrar
- levantar
- pesar
- curvar
- flexionar
- pegar
- apertar
- cheirar

como você segura o material?

- segurar
- prender
- beliscar
- agarrar
- .....
- .....
- .....
- .....

o que o material te faz fazer? 2 →



2. NÍVEL SENSORIAL 3 →

como você descreveria o material?

	-2	-1	0	1	2	
duro	o	o	o	o	o	mole
suave	o	o	o	o	o	rugoso
fosco	o	o	o	o	o	brilhante
não refletivo	o	o	o	o	o	refletivo
frio	o	o	o	o	o	quente
não elástico	o	o	o	o	o	elástico
opaco	o	o	o	o	o	transparente
não maleável	o	o	o	o	o	maleável
forte	o	o	o	o	o	fraco
leve	o	o	o	o	o	pesado
textura regular	o	o	o	o	o	textura irregular
fibroso	o	o	o	o	o	não fibroso

4. NÍVEL INTERPRETATIVO

como você o descreveria?

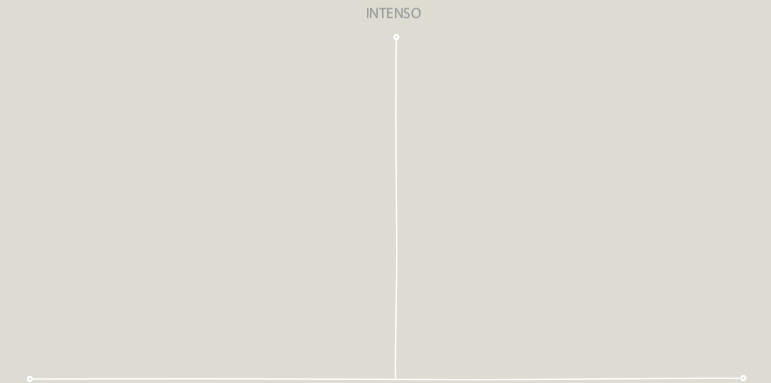
o que você associa ao material?

significado 1 | significado 2 | significado 3

5 (unfold the map and open sidewings)

3. NÍVEL AFETIVO

que emoções o material transmite?



← 4

5. REFLEXÕES FINAIS

qual a característica mais agradável do material?

qual a característica mais desagradável do material?

qual a característica única do material?

ANEXO 8 (Folheto com informações sobre o produto)

POMAR

Óculos feitos a partir de resíduos de cascas de frutas, com o princídio do design circular.

Modos de reútilizar os resíduos alimentares na sua própria casa:

Culinária

- Bolos com cascas de fruta
- Chá com cascas de fruta
- Geléias com cascas de fruta
- Sucos com cascas de fruta

Compostágem

- Fertilizante caseiro
- Composteira

Instruções de uso e pós uso:

Armações do óculos feita com biopolímero de origem vegetal e resíduo de cascas de laranja. Caso o produto seja danificado ou pretenda se desfazer dele, envie novamente ao fabricante ou envie para reciclagem. Assim é possível ser reciclado ou compostável do modo correto.



