

# áximo

bioplásticos

Desenvolvimento de bioplástico para design de produtos

**Gustavo Henrique Freitas Oliveira**

Orientado por: Profa. Dra. Cristiane Aun Bertoldi

**Universidade de São Paulo**

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Curso de Design

2021

Universidade de São Paulo  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo  
Gustavo Henrique Freitas Oliveira

**Átimo - Desenvolvimento de bioplástico para design  
de produtos**

Orientadora: Profa Dra Cristiane Aun Bertoldi

São Paulo  
2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação na Publicação  
Serviço Técnico de Biblioteca  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

Oliveira, Gustavo Henrique Freitas  
Átimo - Desenvolvimento de bioplástico para design de  
produtos / Gustavo Henrique Freitas Oliveira; orientador  
Cristiane Aun Bertoldi. - São Paulo, 2021.  
110.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Design) -  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de  
São Paulo.

1. Sustentabilidade. 2. Design de Materiais. 3. Design  
de Produto. 4. Materiais e Design. I. Bertoldi, Cristiane  
Aun, orient. II. Título.

Meus agradecimentos aos professores e funcionários da FAUD por todo apoio e conhecimento passado, em especial aos professores Luís Cláudio Portugal, Myrna Arruda, Giorgio Giorgi, Marcos da Costa Braga e João Sette Whitaker, que me serviram de inspiração e me mostraram que o design serve também como uma ferramenta para nos levar um pouco mais perto do mundo em que sonhamos.

Também não posso deixar de agradecer à professora Cristiane Aun Bertoldi, que teve a paciência em ser minha professora, orientadora de iniciação científica, supervisora de estágio e orientadora deste trabalho de conclusão de curso. Sempre construiu um diálogo horizontal comigo e por isso eu sou eternamente grato.

A minha mãe, por sempre estar me apoiando e a quem eu espero dar muito orgulho sendo a primeira pessoa da família a ingressar em uma universidade pública.

Ao Rodrigo Ken, doutorando em Ciências do Instituto de Química, que me apoiou e compartilhou seus conhecimentos sobre várias etapas presentes neste trabalho.

Aos meus colegas de curso com quem compartilhei muitas risadas, muitas noites frias no prédio de concreto, idas e vindas nos ônibus e metrô, e os vi crescendo e se tornando grandes designers aos quais eu admiro e respeito. Espero que nossos caminhos se cruzem por aí.

# RESUMO

Alguns dos materiais pré estabelecidos no design hoje apresentam também um problema, produtos como plástico apresentam problemas ligados à sustentabilidade e a poluição. Por isso é importante criar alternativas para esses materiais, para que o crescente consumismo e o número cada vez maior de produtos industrializados não sejam nossa única opção.

Este trabalho tem como objetivo a análise teórica da criação de materiais alternativos e sustentáveis, olhando não somente pelas perspectivas tradicionais de materiais, mas também levando em consideração a relação afetiva entre material e usuário, e também de desenvolvimento de alternativas de aplicação. Uma série de amostras foram criadas para entender quais eram as melhores combinações de ingredientes e qual seria o papel de cada ingrediente nas formulações. As amostras mais promissoras foram separadas em dois grupos e foram avaliadas por entrevistados, seguindo a metodologia *Material Driven Design*, tanto em sentidos tangíveis, como flexibilidade, cor e dureza, quanto em aspectos sentimentais. E por último os materiais foram testados e usados na prototipagem de alternativas de uso.

# ABSTRACT

Some of the pre-established materials in design today also have a problem, products like plastic have problems linked to sustainability and pollution. That is why it is important to create alternatives for these materials, so that growing consumerism and the growing number of industrialized products are not our only option.

This work aims at the theoretical analysis of the creation of alternative and sustainable materials, not only looking at the traditional perspectives of materials, but also taking into account the affective relationship between material and user, and also the development of application alternatives. samples were created to understand what the best combinations of ingredients were and what the role of each ingredient in the formulations would be. The most promising samples were separated into two groups and were evaluated by interviewees, following the Material Driven Design methodology, both in tangible senses, such as flexibility, color and hardness, as well as in sentimental aspects. And finally, the materials were tested and used in the prototyping of use alternatives.

# SUMÁRIO

**INTRODUÇÃO** 10

**PESQUISA DE REF.** 24

**OBJETIVO** 32

**METODOLOGIA** 34

**PRODUÇÃO DE AMOSTRAS** 44

**RELAÇÃO DE AMOSTRAS** 64

**ANÁLISE DE AMOSTRAS** 76

**ANÁLISE DE PROPRIEDADES** 90

**DESENVOLVIMENTO  
DE PROPOSTAS** 100

**CONCLUSÃO** 104

**REFERÊNCIAS** 106

**IDENTIDADE VISUAL** 108

# INTRODUÇÃO

Os materiais moldam os objetos e ambientes que nos rodeiam. Desde o início da humanidade, o que nos difere dos outros animais é a capacidade de transformar materiais para algo prático, uma forma que responde as funções mas que pode ser também carregada de simbolismos e características denotativas. Os materiais auxiliam na composição complexa dessa relação entre a humanidade e seus objetos. Muitos exemplos nos mostram a conexão entre o material e a forma ao longo da história como um modo de apontar ocorrências inovadoras, como é o caso do criador da cerâmica de Wedgwood, das cadeiras dos Eames. Ashby e Johnson (2013) afirmam que a criação em design não acontece simplesmente por experimentação técnica, mas sim pela criação de soluções com significados aos usuários que tenham um impacto positivo nele e na sociedade.

"Desenvolvimento de novos materiais e processos são fonte de inspiração para designers de produto, sugerindo novas soluções visuais, táteis, esculturais e espaciais ao design de produto" Ashby e Johnson (2013, tradução nossa)

No design, o material é mais que um aspecto de engenharia, é uma forma de contar uma história ao usuário. Quando uma cadeira para casa é feita em metal, escolhemos a praticidade da fabricação e ou durabilidade sobre o conforto (mesmo com o melhor estudo de ergonomia, sentar em uma cadeira de metal em um dia frio é desconfortável).

O desenvolvimento de novos materiais pode ser um caminho para a inovação em design, sustentabilidade, comportamento e experiências e sempre esteve presente nas novas maneiras de criar, seja no design, na arte ou no artesanato. Os novos materiais podem surgir acidentalmente, como pode ter sido o caso de materiais cerâmicos, com novas tecnologias, como o caso do plástico ou a fibra de carbono, ou com novas necessidades sócio-ambientais, e é nesse caso que o bioplástico surge, podendo ou não vir acompanhado das outras ocasiões.

Dentre os novos materiais, o bioplástico apresenta uma forte ligação com a sustentabilidade, como foi o caso do primeiro bioplástico conhecido, a parkesina, que seja por foi desen-

Figura 1: Medalhas em parkesina

volvido pela escassez do marfim, material de origem animal. Apresentado por Alex Parkes em 1866 (PARKES, 1886) como uma alternativa à base de celulose para o

marfim. Do ponto de vista da química podemos descrever o bioplástico como:

"Os bioplásticos, ou plásticos de natureza biológica, são constituídos de derivados de celulose e biopolímeros provenientes de fontes renováveis, como produtos agrícolas e biomassa, que são encontrados em óleo, amido e produtos da microbiota" (TOMA, 2016, p. 90)

Uma outra definição é a dos autores do artigo *Benchmarking Bioplastics* (2020, P. 3057) no review sobre bioplásticos e um futuro sustentável, os autores citam bioplásticos como um plástico derivado de biomassa, processado para que consiga ganhar formas. E decorrem sobre os termos bioplásticos, biodegradáveis, e etc. Segundo a norma brasileira elaborada em 2008 bioplástico é um polímero ou copolímero produzido através de matérias-primas de fontes renováveis e é biodegradável quando há degradação causada por ação biológica na estrutura do polímero, sendo que a biodegradação pode ser anaeróbia ou aeróbia. Outros tipos de degradações que o bioplástico

Parkesina também aparece com o nome de xilonite, o material foi patenteado por Parkes em 1885 e exibido na Segunda Grande Exposição de Londres em 1862, mas é citado neste trabalho de acordo com um artigo acadêmico de 1866.

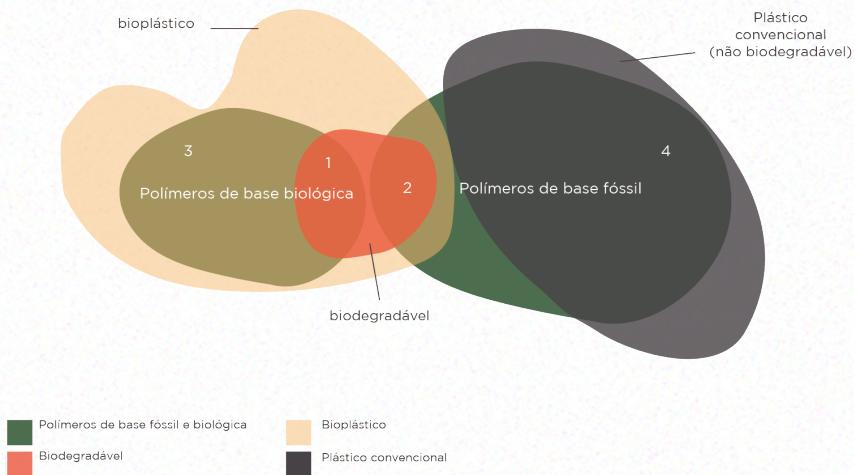


Fonte: Science Museum

Reprodução de medalha em parkesina, primeiro bioplástico criado por Alex Parkes como alternativa ao marfim

pode ter é por fotodegradação (luz), hidrodegradação (água), oxidegradação (oxigênio) ou termodegradação (calor) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008).

Figura 2: Esquema sobre bioplásticos e plásticos biodegradáveis (sem escala)



Fonte: BHAGWAT; et al. (2020, P.3058)

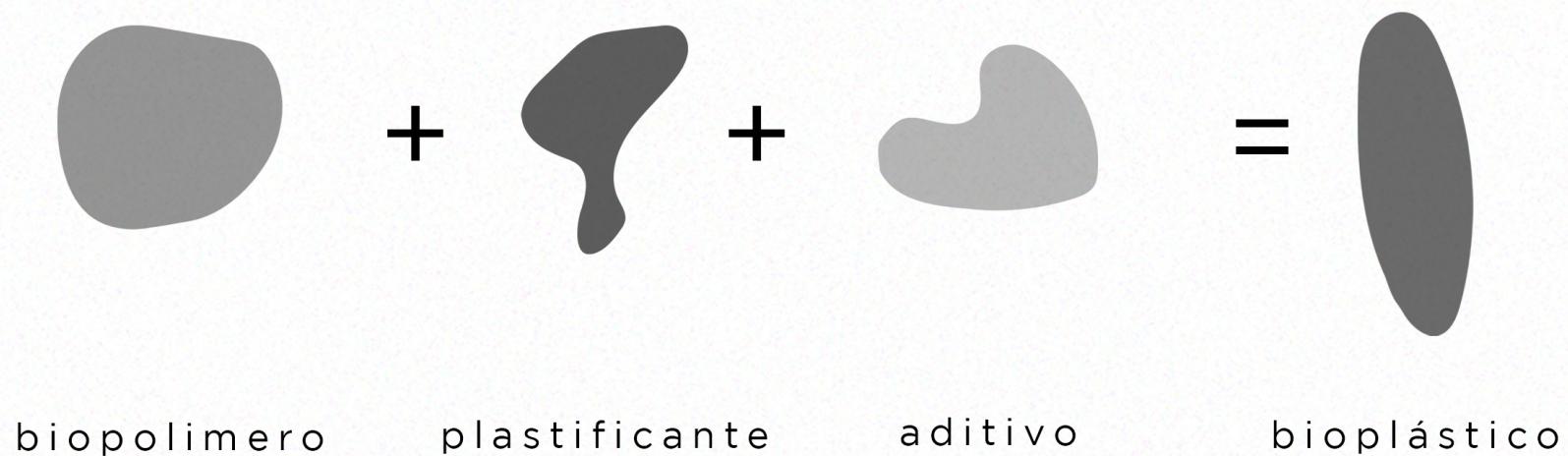
1-Síntese convencional; Microorganismos; Biomassa; 2- Compostos alifáticos; Poly (vinyl alcohol); 3- Polímeros de base biológica não biodegradáveis; 4- Plástico convencional (não biodegradável). As manchas não representam as quantidades em proporção.

O diagrama mostra que tanto plásticos de base fóssil como de base biológica podem estar dentro dos plásticos biodegradáveis. Entre os polímeros de base fóssil biodegradáveis estão PCL, PBS, PBAT e PVOH, já entre os de base biológica estão PLA, PHB e a parkesina.

Uma embalagem pode ser considerada como biodegradável quando no mínimo 90% do carbono orgânico é convertido em dióxido de carbono em até 6 meses, não há impactos negativos quando o material é compostado, ter teor dentro do permitido para elementos tóxicos (Au, Cu e Pb, por exemplo), entre outros (ABNT, 2008).

Existem três componentes que criam um bioplástico, sendo eles um biopolímero, um plastificante e um aditivo. Na maior parte desta pesquisa os biopolímeros usados são gelatinas, colágeno de origem animal, sendo usualmente de porco, boi e peixe, e agarose de origem vegetal extraído de alga, o elemento plastificante, que tem o papel de dar flexibilidade aos materiais é o glicerol (propane-1,2,3-triol), e o aditivo pode ser um corante, fragrância ou biomassa, aditivo também é o material adicionado ao polímero ou copolímero para modificar suas propriedades (ABNT, 2008).

Figura 3: Receita do bioplástico (sem escala)



Fonte: AUTOR.

As receitas desenvolvidas neste trabalho de modo geral usam esta estrutura básica em suas composições, um biopolímero, um plastificante e um aditivo, além do elemento solvente (em geral, água) e do calor necessário para a reação. O processo mais detalhado está descrito na parte de metodologia neste relatório.

"O homem sempre gerou ideias com base nos trabalhos da natureza, mas no passado isso foi alcançado em um nível elementar. Conforme os problemas de design foram ficando cada vez mais complexos com a proliferação de novas tecnologias, a humanidade se tornou mais alienada do contato direto com a biologia ao seu redor" (PAPANEK, 1984, p.188, tradução nossa).

A produção de resíduos é cada vez maior com a constante produção de embalagens e produtos descartáveis muito presentes especialmente em áreas urbanas, segundo a Prefeitura de São Paulo (2021), no período entre março e dezembro de 2020 houve um acréscimo de 20% na quantidade de lixo doméstico (nomenclatura utilizada pelo orgão) coletado no município de São Paulo, somando 3.619.316 toneladas de resíduos sólidos doméstico em apenas um ano, mais 94.446 toneladas de coleta seletiva (resíduo sólido doméstico reciclável).

"Em geral, as pessoas consideram lixo tudo aquilo que se joga fora e que não tem mais utilidade. Mas, se olharmos com cuidado, veremos que o lixo não é uma massa indiscriminada de materiais. Ele é composto de vários tipos de resíduos, que precisam de manejo diferenciado. Assim, pode ser classificado de várias maneiras" "Manual de Educação - Consumo Sustentável" (MMA, MEC E IDEC), (2005).

Figura 4: Resíduos sólidos, um problema constante.

Fonte: PAUL SCHELLEKENS, LONDRES (2019).

A produção de resíduo sólido está ligada à forma de consumo contemporâneo, com embalagens de uso único sendo produzidas até mesmo para cada item de uma refeição.



Tabela 1: Materiais e seus tempos de decomposição.

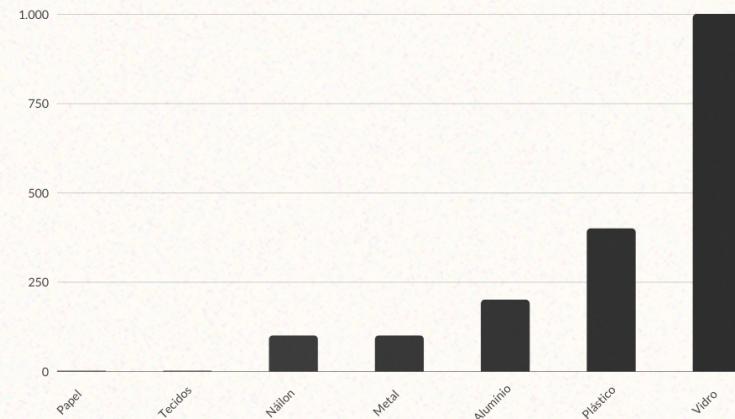
Material	Tempo de decomposição
Plástico	mais de 400 anos
Papel	3 a 6 meses
Tecidos	6 meses a 1 ano
Náilon	mais de 20 anos
Metal	mais de 100 anos
Alumínio	mais de 200 anos
Vidro	mais de 1000 anos
Borracha	indeterminado

Fonte: “MANUAL DE EDUCAÇÃO - CONSUMO SUSTENTÁVEL”  
(MMA, MEC E IDEC), (2005).

Tempo de decomposição estimados para os materiais convencionais, podendo passar de 100 anos no caso do vidro, já o plástico leva mais de 400 anos para se decompor.

De acordo com dados da prefeitura de São Paulo, no período da quarentena de 2020, de março à dezembro houve um aumento no crescimento da coleta de resíduos sólidos recicláveis em 20% em relação ao ano anterior, sendo a maior quantidade de resíduos coletados já registrada no município com total 73.3 mil toneladas. O que pode estar ligado ao trabalho da prefeitura de coleta seletiva, conscientização da população ou com o aumento do consumo de alimentos por delivery. Este último é corroborado por Moratoya *et al* (2013),

Figura 5: Tempo de decomposição de materiais (em anos).



Fonte: “MANUAL DE EDUCAÇÃO - CONSUMO SUSTENTÁVEL”  
(MMA, MEC E IDEC), (2005).

O gráfico de barras indica visualmente o impacto dos descartes sólidos com relação ao tempo de decomposição desses materiais em condições urbanas.

em relação ao aumento de ofertas de alimentos no ambiente urbano e o crescimento no consumo de industrializados. A pandemia também favoreceu o aumento de delivery (WOLF, 2020), já que durante o período de pandemia muitas pessoas optaram pela comida pronta, seja por conta da mudança do trabalho para home office ou o medo de sair

de casa para ir ao mercado, padaria, etc. Essa nova maneira de consumir se mostrou com o crescimento de empresas como iFood, que passou de 131 mil para 236 mil restaurantes cadastrados em 2020 e com aumento no número de pedidos de 26,6 Mi para 44,6 Mi mensais no território nacional. O iFood é usado como exemplo por ter dados mais acessíveis, mas foi possível notar também que vários estabelecimentos optaram por outras empresas de delivery (Uber Eats, Liv Up, entre outros), por aplicativos próprios e ou por aplicativos de mensagens instantâneas. As entregas por delivery além de geralmente ter embalagens para o acondicionamento dos alimentos e em muitos casos as empresas mandam também talheres descartáveis.

Figura 6: O delivery e seu impacto.

Fonte: WYNAND VAN POORTVLIET.

A imagem mostra um entregador com caixas de entregas, o hábito de pedir produtos *online* se tornou mais comum para muitas pessoas durante a pandemia de covid-19 em 2020, como resultado, mais dejetos.



# PESQUISA DE REFERÊNCIAS

De acordo com as pesquisas iniciais, foi verificado que bioplásticos podem ter diferentes gêneses, tornando a terminologia difícil de ser associada à um método de produção específico, cabe uma seleção de algumas dessas técnicas de produção de bioplásticos que foram e são relevantes para o desenvolvimento deste projeto, dentre estas: Bioplásticos à base de alga, celulose bacteriana através de biocultura, amido, farinha de trigo e gelatina de origem animal (bovina ou suína) e vegetal (alga).

## a) Bioplástico à base de alga

Assim como a cultura de celulose bacteriana,

Figura 7: Capa de chuva à base de alga, de Charlotte McCurdy.

Fonte: CHARLOTTE MCCURDY.

Usando um material biodegradável para produtos de uso único McCurdy soluciona o problema do lixo criado por capas de chuva descartadas após o uso.

a produção de bioplásticos à base de alga tem a vantagem de depender de uma fonte renovável que pode ser produzida em ambiente controlado ou ser coletada em natureza. O projeto de Charlotte McCurdy cria uma solução sustentável para um problema cotidiano, capas de chuva descartáveis são costumeiramente vendidas por vendedores ambulantes em dias de chuva, principalmente quando a chuva não é esperada. Estes produtos costumam ser de plástico muito fino derivado de petróleo, não biodegradáveis, causando uma quantidade desnecessária de descarte sólido que muitas vezes acabam nas ruas. No projeto de McCurdy as vestimentas são produzidas com um bioplástico à base de algas, tornando o impacto do objeto ao ser descartado muito menor, visto que o material é biodegradável. Pode-se perceber neste projeto a semelhança do material à base de algas com o plástico convencional, por sua transparência e a possibilidade da confecção do material, com costura e aplicação de botões, técnicas da indústria têxtil.



### b) Biocultura de celulose bacteriana

A criação de materiais à base de bactérias pode parecer não-convencional, tanto pelo estigma que a palavra “bactéria” carrega consigo, quanto pela dificuldade de se imaginar um material orgânico que não tenha origem animal e vegetal. Dentre os produtos relevantes nesta área está a jaqueta Bioculture, da designer Suzanne Lee, que estuda o desenvolvimento de celulose bacteriana para aplicação têxtil. Neste projeto a designer usa a bactéria que dá origem ao kombucha, bebida criada por fermentação e com técnica milenar para criar um produto que lembra muito o couro animal, mas se apresenta como alternativa a ele. Suas características são diferentes do material tradicional como a transparência e a possibilidade de pigmentação desde o cultivo da colônia de bactéria. O produto final ainda é um protótipo, mas é possível ver a capacidade do material em ser conformado com dobras e costuras, assim como os materiais têxteis tradicionais. Apesar disso, este novo material apresenta baixa resistência à água, o que limita o uso em vestíveis.

Figura 8: scoby de kombucha.

Fonte: JASONUNBOUND.  
Scoby de kombucha, um tecido vivo formado de bactérias e algas, usado para fermentação há milhares de anos.



Figura 9: Jaqueta Bioculture, de Suzanne Lee

Fonte: SUZANNE LEE.  
A cultura de celulose bacteriana ocorre no desenvolvimento do SCOBY (*symbiotic culture of bacteria and yeast*), por não envolver extração animal o material também é conhecido como couro vegano.

### c) Micélio

Outro material encontrado é o micélio, biomassa criada por fungos pode ser cultivada em ambientes controlados, sendo que o crescimento do material já pode ser feito no formato final do produto ou de parte dele, e o material pode ir ao forno para que fique mais firme, com menos cheiro e sem organismos ainda vivos. O *headfone* criado pelo estúdio Aivan, por exemplo, é um protótipo que tem como ideia propor um objeto com todos os componentes cultivados de diferentes microorganismos, sendo parte do fone criada pelo cultivo de micélio. Apesar de o produto não parecer finalizado, por causa da imprecisão da forma e da aparência sem acabamento, a ideia de transformar um produto costumeiramente feito de plástico à base de petróleo em outro 100% de origem biológica é interessante.



Figura 10: *Headphone*, de studio Aivan (explodida)

Fonte: STUDIO AIVAN.

Visão explodida dos componentes do projeto do *Studio Aivan*, todos os componentes são criados de biomassas de microorganismos.



Figura 11: *Headphone* feito de microorganismos como fungos e bactérias, de studio Aivan

Fonte: STUDIO AIVAN.

Fone criado de biomassas de diversos microorganismos, tornando o produto todo potencialmente biodegradável.

Nesta embalagem criada pela empresa Mushroom® Packaging, assim como em outros produtos da empresa especializada na fabricação de embalagens com micélio (como o próprio nome da empresa sugere), a biomassa de fungo é utilizada na embalagem como berço para o produto frágil. Neste caso, um recipiente de vidro para a empresa DeLOS, em que o berço de micélio protege o frasco e ao mesmo tempo está coerente com a proposta do produto, cápsulas cuja composição mistura plantas com fungos para fins terapêuticos. O micélio aqui tem a mesma função de um berço de poliestireno (PS - isopor), por exemplo, mas tendo menor impacto no descarte e podendo ir para compostagem

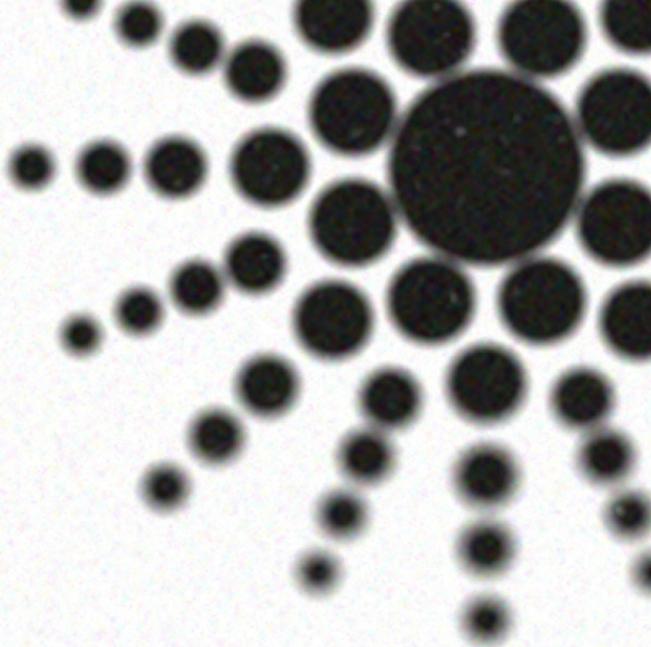
Figura 12: Embalagem de micélio

Fonte: MUSHROOM® PACKAGING (DELOS\_BYPPC).  
O micélio entra na embalagem como proteção à produtos frágeis, neste caso uma embalagem de vidro.



# OBJETIVO

Este trabalho de conclusão de curso tem por objetivo o desenvolvimento de material sustentável a partir de biomassa e identificar e apresentar possíveis aplicações em projetos de produto.



# METODOLOGIA

O desenvolvimento deste projeto foi realizado em etapas, sendo a primeira delas a pesquisa de referências bibliográficas que abordassem: a) a criação de novos materiais para design de produtos, b) sustentabilidade no design e aspectos técnicos, c) metodologias de desenvolvimento e análise de materiais - c.1) *Material Tinkering*; c.2) *Material Driven Design*; c.3) *DIY-Materials*, de criação de novos materiais por designers de maneira autônoma. No caso deste projeto, o material está sendo desenvolvido sem uma definição predefinida de sua aplicação, de acordo com as metodologias acima citadas. Trata-se do desenvolvimento de um bioplástico e envolve tanto a caracterização do material, por meio de análise de seus diversos aspectos físicos, perceptivos, sensoriais, quanto a relativa à experiência do usuário, seus atributos denotativos e simbólicos. A partir desta análise, será possível,

sugerir sua aplicação, apontar para métodos de fabricação compatíveis, indicar possíveis produtos e contextos de uso. Os métodos selecionados para o desenvolvimento do novo material serão apresentados a seguir.

## Material Tinkering

*Material Tinkering* é um método de design desenvolvido por Stefano Parisi, Valentina Rognoli (*Politecnico di Milano - Department of Design*) e Marieke Sonneveld (*Delft University of Technology - Department of Industrial Design Engineering*), que propõe a criação e a pesquisa através de processos de experimentação. O termo *tinkering* pode ser traduzido neste contexto como manipulação e ou experimentação, em que o conhecimento empírico do designer sobre o material, suas qualidades estéticas, sensoriais e físico-químicas o auxiliarão para o melhor uso e aplicação do material. Neste projeto, o método *Material Tinkering* é utilizado nas fases preliminares, para criação das amostras, para determinar suas características perceptivas sensoriais: aparência (estética), textura, dureza, flexibilidade, cheiro, etc. Este método também auxilia na análise e seleção das amostras, segundo critérios relacionados com uma boa experiência com o material. O conhecimento do material é fundamental para a inovação em design

assim como as autoras descrevem na passagem do texto:

"Conhecendo os materiais, suas propriedades, qualidades sensoriais, seus processos de manufatura e tratamentos, designers podem selecionar o material adequado para seus projetos. Eles também podem projetar a sua aparência e sensação, ou até mesmo começar por um material em particular e desenvolver aplicações significativas para o material" (PARISI, ROGNOLI E SONNEVELD, 2017, P.1169, tradução nossa).

Segundo os autores este processo é inspirado nas noções de didática bauhausianas\* do "aprender fazendo" (assim como a própria FAU-USP tem matérias experimentais onde aprendemos com a manipulação dos materiais nos semestres mais ao começo do curso). A experimentação é fundamental para o designer cujo foco está no desenvolvimento de novos materiais e que pensam novas maneiras de uso dos materiais mais convencionais. Inspirado nos ciclos de aprendizado da Bauhaus o método é dividido em quatro elementos principais descrito pelos autores, sendo eles:

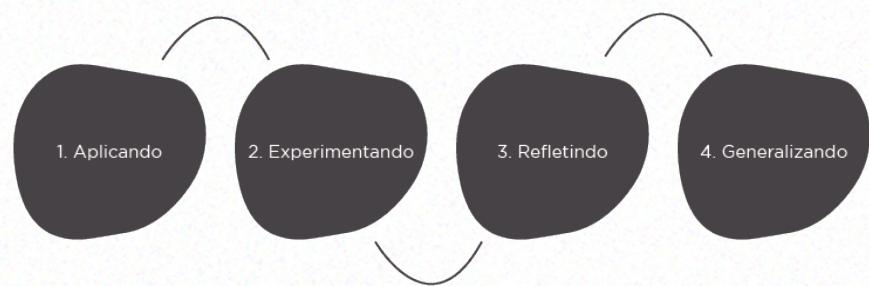
1. **Aplicando**, testar uma ação em particular em uma situação específica através de experimentação ativa;

2. **Experimentando**, tendo uma experiência concreta do material e seus efeitos em uma situação específica;

3. **Refletindo**, compreendendo os efeitos em uma instância particular através da observação para antecipar um acontecimento e se aconteceria nas mesmas condições;

4. **Generalizando**, a formação de conceito abstrato para ganhar experiência da ação além de uma instância particular e sugerir princípios gerais.

Figura 13: As quatro etapas do *Material Tinkering*



Fonte: (PARISI, ROGNOLI E SONNEVELD, 2017, P.1169).

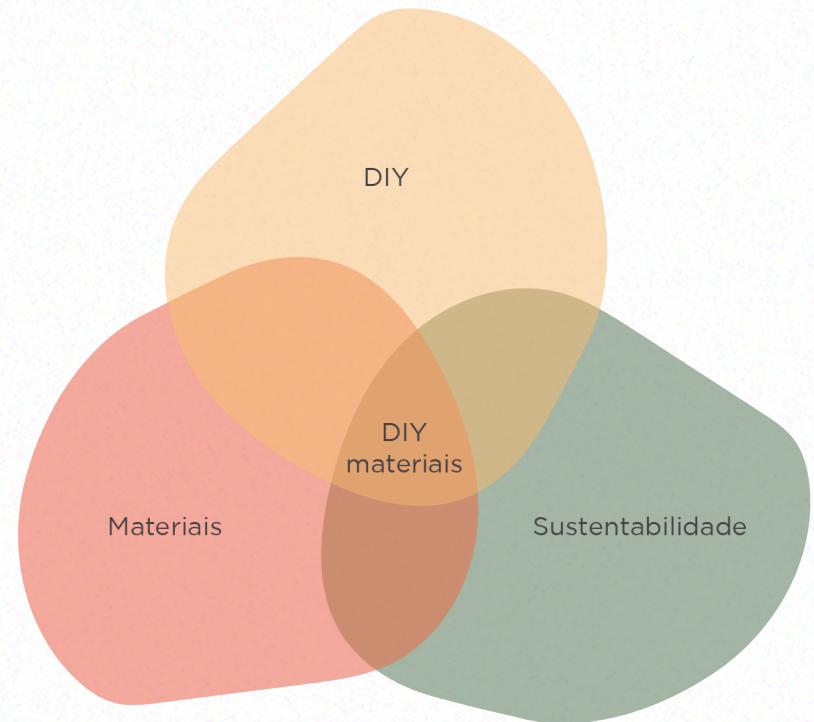
As quatro etapas da metodologia são: 1. aplicando, 2. experimentando, 3. refletindo e 4. generalizando. São propostas para a compreensão do material através do uso e da experiência.

## DIY Materials

*DIY Materials* é uma teoria de desenvolvimento de materiais para design de produtos desenvolvida por Valentina Rognoli, Massimo Bianchini, Stefano Maffei (*Politecnico di Milano, Department of Design, Itália*) e Elvin Karana (*Department of Design Engineering, Delft University of Technology, Delft, Países Baixos*). A teoria cita o movimento DIY (sigla em inglês para “faça você mesmo”) onde designers criam e experimentam com materiais antes de desenvolver produtos. Segundo os autores da teoria, os materiais “self-made” oferecem uma ferramenta única ao designer de produto e com essa ferramenta a possibilidade de desenvolver produtos sobre a perspectiva do material e suas relações com o usuário. A proposta do *diy-materials* é o desenvolvimento de produtos fora da clássica via de fabricação industrial, possibilitando uma fabricação sustentável pelo designer ou diretamente pelo usuário.

Essa teoria nasce com raízes em outras áreas de pesquisa em design, conforme descrito por Garcia (2019), que cita como a teoria se encontra na intersecção de outras três áreas de pesquisa, a de DIY, de materiais e de sustentabilidade (ver figura 14).

Figura 14: teoria dos DIY-Materials



Fonte: GARCIA AYALA, CAMILO (2019).

Disponível em: <http://materialsexperiencelab.com/toward-design-strategies-for-diy-materials>. Acesso em: 20 ago. 2021.

A figura mostra a localização da teoria dentro de outras macro áreas de pesquisas. Segundo as autoras, a teoria DIY Materials encontra-se na intersecção entre as áreas de sustentabilidade, DIY (do it yourself) e materiais (com foco em design).

## **Material Driven Design (MDD)**

Metodologia de criação em design proposto por Rognoli (*Design Department, Politecnico di Milano*, Milão, Itália), Karana, Barati, e Zeeuw van der Laan (ambas do *Department of Design Engineering, Delft University of Technology, Delft*, Países Baixos). Este método propõe o desenvolvimento de materiais para aplicações em design de produto, em que as características do material sejam não só ligadas às suas qualidades físicas e comerciais, ou seja, não levar em conta somente se o material é extremamente resistente como fibra de carbono -qualidade física-, ou se sua produção é de baixo custo - qualidade comercial -. Os atributos do material também são determinados pela percepção do usuário e do designer, relacionando significados à matéria, como segundo Norman (2004), a forma é levada em conta, a fisicalidade é levada em conta, mas também a textura e o material, já que o design também é sobre um impacto emocional imediato.

"O design enfoca o caráter operacional dos artefatos materiais e semióticos, interpretando a sua função e a funcionalidade não em termos de eficiência física, como nas engenharias, mas em termos de comportamento incorporado em uma dinâmica cultural e social". (BONSIEPE, 2012)

Na MDD a experiência gera o material e/ ou sua aplicação e propõe uma metodologia de projeto guiado pelo material, em que a compreensão das qualidades dos materiais é estudada para sugerir a possível aplicação. A metodologia pode ser usada em novos materiais, ou naqueles cujas características relacionadas à experiência de usuário não são bem definidas, apesar de serem relativamente conhecidos por suas propriedades físico-químicas, ou até amplamente usados na indústria ou manufatura.

A análise do material por um perspectiva de design de experiência é importante para a implantação em projetos de produtos, porém a transformação de um material em canônico - aquele que é amplamente usado e seus métodos de uso e produção são conhecidos por designers - é demorada, chegando a cerca de 20 anos em média segundo Karana, et al. Porém pode demorar mais, como foi o caso do PLA (bioplástico biodegradável e compostável), descoberto em 1890 mas só começou a ser usado na criação de embalagens na década de 1960.

O método MDD é dividido em quatro etapas principais:

**1. Compreender o material**, etapa onde tinkering é aplicado ao material, benchmarking é

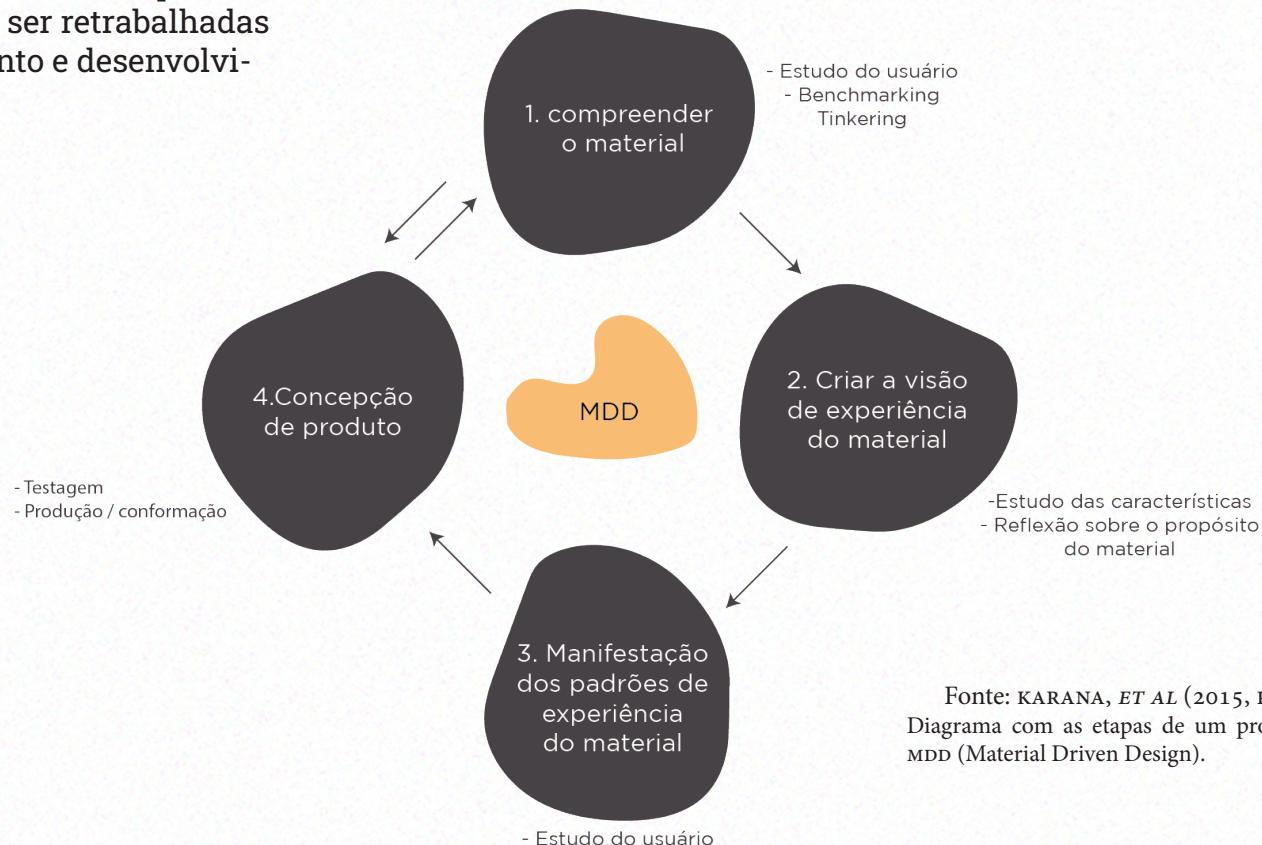
feito e estudo de usuário;

**2. Criar a visão de experiência do material**,  
nesta etapa ocorre caracterização do material  
e reflexão sobre o propósito do material;

**3. Manifestação dos padrões de experiência**,  
estudo de usuário com relação ao material.

**4. Concepção de produto**, nesta etapa o designer testa o material e cria, podendo ou não chegar a um protótipo, mas no fim as quatro etapas são cíclicas e podem ser retrabalhadas para um melhor entendimento e desenvolvimento do material.

Figura 15: Material Driven Design



Fonte: KARANA, ET AL (2015, P. 40).  
Diagrama com as etapas de um projeto com MDD (Material Driven Design).

# PRODUÇÃO DE AMOSTRAS

## Sistema para produção de amostras

Para produzir as primeiras amostras em um sistema DIY, onde a única tecnologia que poderia ser utilizada era a presente em casa, principalmente ao afastamento do campus da universidade devido ao surgimento da Covid-19 em São Paulo em março de 2020 e ao prolongamento do período de quarentena, depois algumas ferramentas adicionais foram adquiridas ao longo do processo, como as placas de petri em PP (polipropileno) para a uniformidade das amostras.

Já era de conhecimento através do levantamento bibliográfico que os bioplásticos precisam de alguma fonte de energia para que

as reações físico-químicas nos ingredientes possibilitem a formação de plásticos (DUNNE, 2018). Com as possibilidades de utilizar forno de microondas, forno à gás, entre tantos outros, neste projeto a fonte de energia escolhida foi o fogão à gás, usado comumente nas cozinhas domésticas.

Além disso, foi preciso o uso de uma balança digital para a precisão e reproduzibilidade dos resultados, de modo em que os ingredientes fossem pesados ou seu volume mensurado (alguns em g e outros em ml).

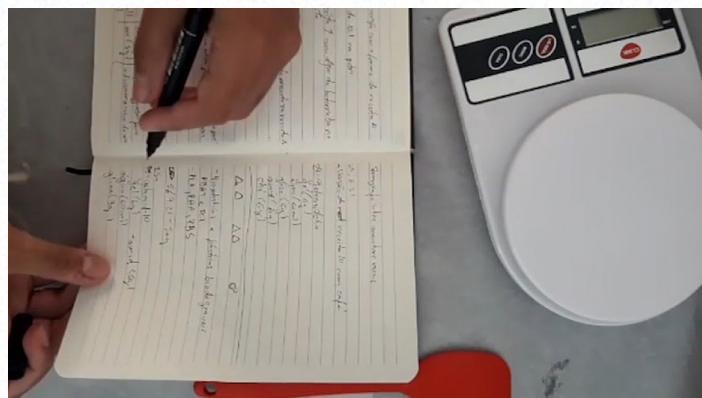
As amostras foram avaliadas usando o método *Material Tinkering* ao longo de todo processo, seja pela observação da viscosidade do material durante o processo de verter na placa de petri ou a avaliação de cheiro e de textura das amostras secas. O protocolo final para produção das amostras é determinado à seguir.

## Protocolo para produção de amostras

A experimentação foi dividida em um protocolo nas seguintes etapas:

a) Higienização dos objetos e da superfície de trabalho com álcool 70%, e higienização das mãos com água e sabão;

b) Registro no diário do dia em que o experimento será feito, bem como o número da amostra que será produzida;



c) Pesagem ou medição dos ingredientes na ordem:

- 1- Biopolímero(s), em gramas;
- 2- Plastificante, em gramas;
- 3- Água (ou solvente líquido), em mililitros;
- 4- Aditivo, em gramas.



d) Mistura dos ingredientes até maior estado de homogeneização possível em temperatura ambiente;



f) Controle de tempo: Cronometrar o tempo de cozimento (o tempo de cozimento varia quando a receita é multiplicada);

g) Conformação: Verter a mistura em placa de petri;



h) Codificação: Etiquetar a placa de petri com data, número da amostra e ingredientes;

i) Secagem: Deixar secar sem a tampa pelo tempo necessário (uma lâmpada de secagem pode ser usada, ficando mais de 40cm de distância da amostra);

j) Desmoldagem: Descolar a amostra da placa de petri (se possível) com uma espátula de silicone;

k) Avaliação das características táteis e visuais das amostras de acordo com a metodologia de *material tinkering*,

As amostras que apresentaram características proeminentes na etapa "j", como boa secagem e a criação de um material que saia da placa de petri inteiro, eram continuadas, podendo ter alterações dos ingredientes, mais ou menos gelatina, amido, glicerina, etc, com a tentativa de gerar novas características, fazendo novamente as etapas de "a" à "j". Algumas das receitas foram feitas em tamanhos maiores para melhor compreensão das características do material, para tal seguiu-se as seguintes etapas:

a') Higienização como em "a";

b') Duplica a receita original para a produção de amostra maior, e pesagem segundo "b" seguida de "d", "e" e "f";

c') A mistura então era vertida em uma folha de silicone (utensílio de cozinha antiaderente) para a formação de uma camada o mais homogênea possível.



d') Secagem natural;

e') Descolar a amostra da folha de silicone;

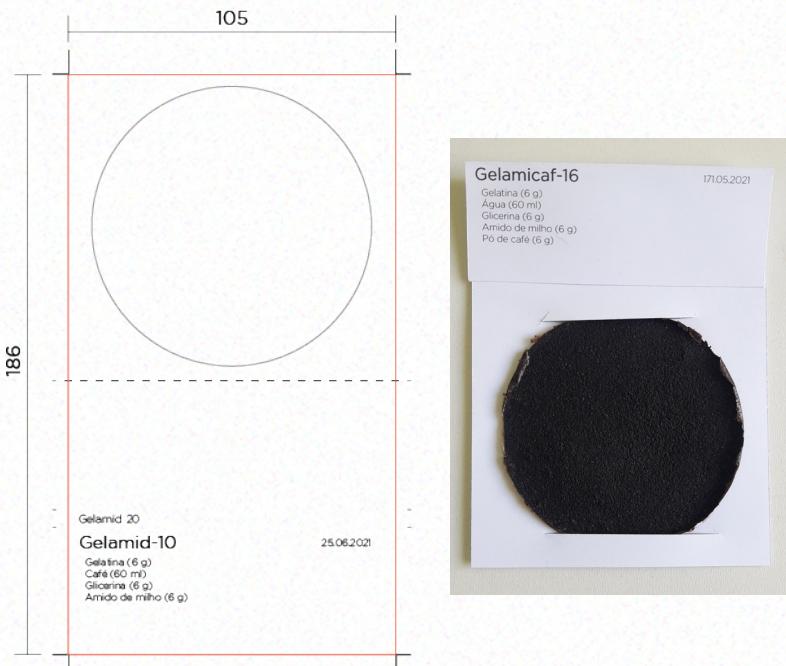
f') Avaliação das características táteis e visuais das amostras, de acordo com a metodologia de *material tinkering*,

g') Preparar amostra seguindo o formato pré-determinado;

Figuras 16-20: Processos do protocolo

Fonte: AUTOR.

As imagens mostram algumas das etapas dos processos de criação de amostras.



Figuras 21-22: Display de amostras

Fonte: AUTOR.

Após alguns testes chegou-se neste padrão para display de amostras, com um círculo de 9cm de diâmetro (mesmo da placa de petri), nome da amostra, data e ingredientes.

Com um protocolo de produção de amostras bem definido, foi possível a experimentação de diferentes receitas, usando variações das quantidades dos ingredientes, que por sua vez modificam as características finais da amostra. Maiores quantidades de glicerina deixam as amostras mais flexíveis, e pequenas quantidades deixam o material menos flexível, enquanto nenhuma glicerina produz um material muito duro. Assim como o amido dá uma

característica seca ao material, e as biomassas em maior quantidades deixam os materiais mais duros e menos flexíveis. Os corantes eram diluídos em água, e adicionados na mesma quantidade da receita previamente testada com água. As amostras das seguintes bases foram produzidas: Gelatina, amido de milho, ágar, gelatina e amido de milho, farinha de trigo, adição de biomassa e de corante. Gel é mais líquida e translúcida, enquanto Gelamid é mais viscosa e de aspecto leitoso, a Gelamid serviu como base nas seguintes receitas:

Receita base	Adição de biomassa
Gelamid-10 Gelatina (6 g) Água (60 ml) Glicerina (6 g) Amido (6 g)	Gelamicaf-22 Gelamid-10 Café (3 g)
Gelamidovo-23 Gelamid-10 Casca de ovo (3 g)	Gelamicha-24 Gelamid-10 Cha (6 g)

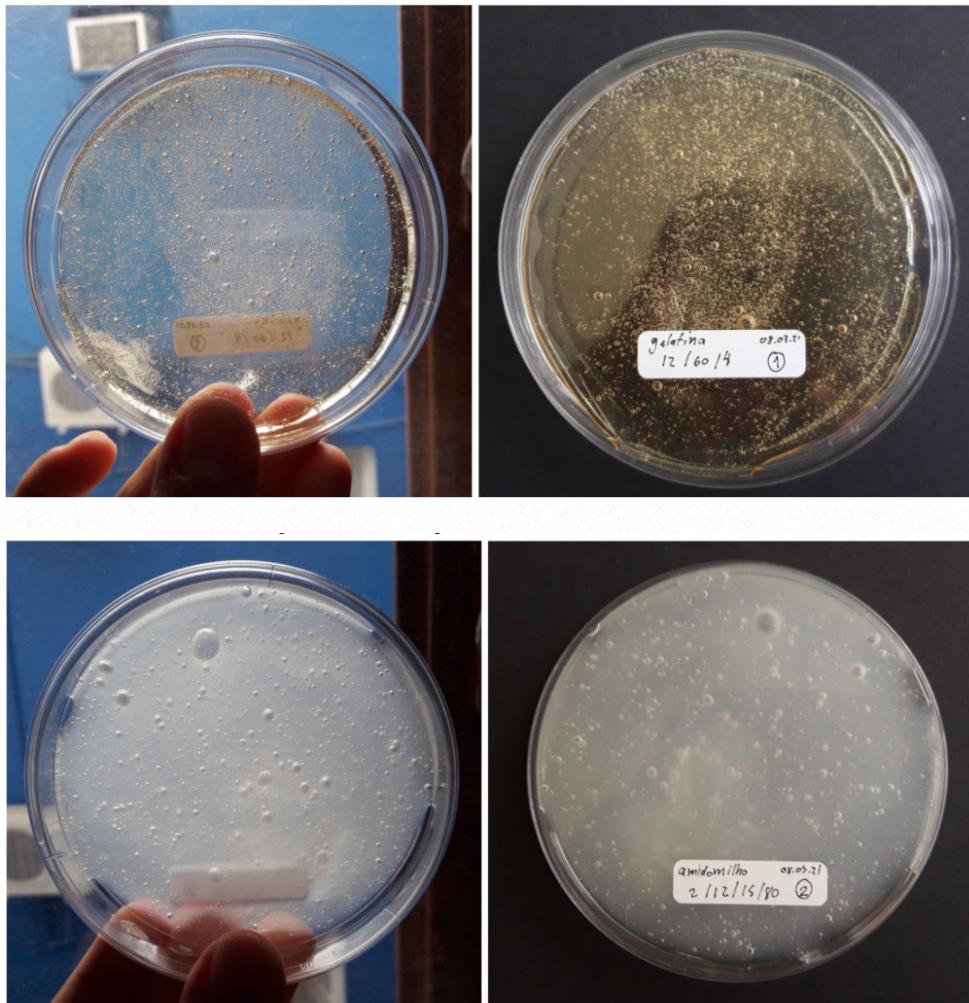
Já a receita de gelatina (gel-9), serviu como base de maneira mais leve, pois os valores foram modificados para a criação de novas receitas. Por exemplo, se fosse desejado mais flexibilidade, adicionava mais glicerina. Portanto gel-9 serviu como base de receitas de gelatina sem amido.

### **Amostras à base de gelatina (gel)**

As amostras à base de gelatina são versáteis, podem acabar sendo pegajosas ou secas, flexíveis ou rígidas, dependendo de como se dá sua combinação com o plastificante (quanto maior a quantidade de plastificante, maior a flexibilidade do material). Além disso é um produto comestível, podendo ser usado para o desenvolvimento de materiais com esta característica.

### **Amostras à base de amido (amid)**

Algumas tentativas foram feitas tentando usar o amido como único biopolímero para compor o material. Porém, as amostras parecem não apresentar estabilidade física, formando até o momento um gel, e não uma matriz sólida. Além disso, as estas amostras contém vinagre branco, que deixou um cheiro característico, desagradável, próprio do vinagre mesmo depois de alguns dias, coincidindo com o que foi encontrado em bibliografia (Dunne, 2018).



Figuras 23 - 24: Primeira amostra criada

Fonte: AUTOR.

A primeira amostra de material foi criada usando gelatina, glicerina e água. A primeira amostra acabou sendo contaminada por fungos depois de alguns dias, ponto que será discutido em um capítulo posterior.

Figuras 25 - 26: Segunda amostra, à base de amido

Fonte: AUTOR.

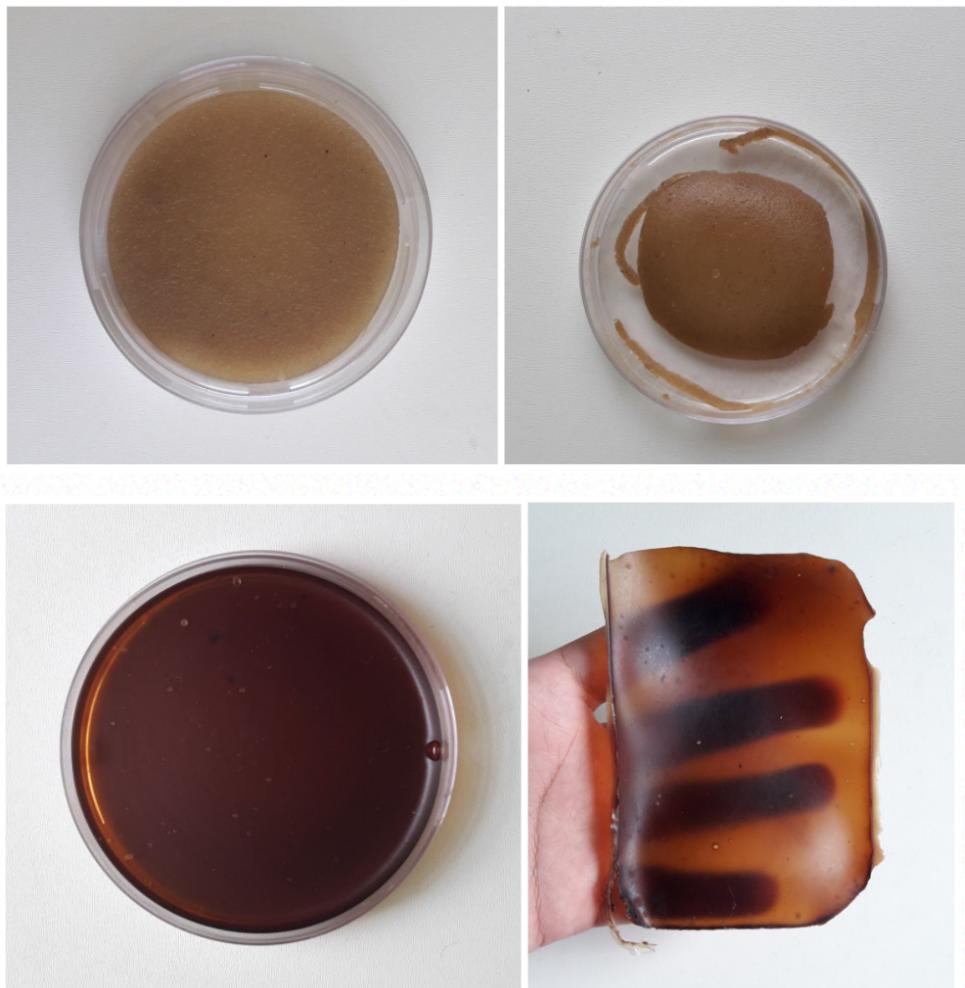
Na segunda tentativa amido foi usado como “biopolímero”, porém as amostras onde somente amido foi usado como polímero não parecem formar um bioplástico, como notado também nas amostras 5 e 6.

### **Amostras à base de ágar (agar)**

As amostras à base de ágar são, em sua produção, parecidas com as amostras de gelatina, porém com cheiro mais forte, diluição nem sempre completa e retração maior do que todas as amostras anteriores. A vantagem deste biopolímero é sua origem em algas, e não de origem animal. Também apresentam como característica um cheiro desagradável, lembrando um produto fétido de origem marítima.

### **Amostras à base de gelatina e amido (gelamid)**

Uma das muitas combinações possíveis era de usar mais de um biopolímero como base, foi o que acabou sendo feito nessas amostras que juntam a gelatina ao amido dando uma propriedade única ao material, apesar do amido tornar o material mais opaco do que seria somente com gelatina, dá também um toque acetinado ao material mesmo quando ele é flexível. Apresentam flexibilidade e odor fraco de gelatina e ou de café/chá - dependendo se esses produtos são adicionados ou não -, sendo a flexibilidade variável de acordo com a quantidade de plastificante na composição, quanto mais plastificante, maior a flexibilidade.



Figuras 27 - 28: Amostras à base de agar (gelatina de alga)

Fonte: AUTOR.

A imagem demonstra uma das características desse material, a retração.

As amostras são originalmente moldadas com o mesmo diâmetro da placa de petri (90mm).

Figuras 29 - 30: Amostras misturam gelatina e amido

Fonte: AUTOR.

Amostras à base de gelatina e amido de milho apresentam resistência física e flexibilidade, nas imagens uma amostra onde o solvente foi café passado sem açúcar para testar a função do café como corante natural.

## Amostras de biocompósitos

Tendo alguns materiais como base foi testada a capacidade de incorporar biomassas aos materiais, as biomassas foram selecionadas por serem normalmente descartados, e são produtos de uso comum aos hábitos culinários no Brasil. Sendo as biomassas: Borra de café, cascas de ovos e borra de chá. As receitas de base foram: Gelatina (gel-9), agar (agar-12) e gelatina com amido (gelamid-10). A adição das biomassas traz aspectos à massa, como o cheiro de café ou chá, e textura como da casca de ovo.

## Amostras de celulose bacteriana

Foi testado também no trabalho o desenvolvimento de um material a base de celulose bacteriana, porém apesar do material ter um apelo visual, resistência física, flexibilidade, e ser de fonte sustentável, foram encontradas algumas dificuldades no desenvolvimento deste tipo de material com equipamento limitado, visto que o material exige um tempo de desenvolvimento para o crescimento da colônia de bactérias que depende também de fatores ambientais como temperatura ambiente.

A sustentabilidade do material vem do fato de ele ser muitas vezes tido como resíduo em fábricas de chá fermentado e por pessoas que fazem a fermentação de chás em casa. O material apresenta semelhanças com o couro, com maior transparência. Mas a semelhança provavelmente se deve ao material também



Figuras 31 - 32: Amostras de biocompósitos

Fonte: AUTOR.

A capacidade de mesclar os bioplásticos à biomassa foi testada, com o objetivo de deixar o material uniforme. Nas imagens, uma amostra de agar com borra de café e outra de gelatina e amido com casca de ovo.

Figuras 33 - 34: Amostra feita com celulose bacteriana

Fonte: AUTOR.

A amostra de celulose bacteriana é criada do scoby, um organismo simbiótico usado na fermentação de chá, apesar de ter boas propriedades, leva bastante tempo para se desenvolver.

ser composto de tecido biológico, ter flexibilidade, pouco odor e uma leve sensação de material grudento ao tato, causada pelo uso do açúcar na produção do scoby. Provavelmente se o material fosse lavado antes da secagem resolveria o problema da sensação de grude ao toque.

### Amostra à base de farinha de trigo

Foi testado também no trabalho o desenvolvimento de uma amostra à base de farinha de trigo, porém o resultado não foi satisfatório. Além de o material ter demorado muito tempo para ficar mais sólido, a aparência e cheiro ainda lembram o de massa crua de bolo, pão, etc. Acredita-se que esses aspectos possam ser trabalhados, mas essa base não foi continuada.

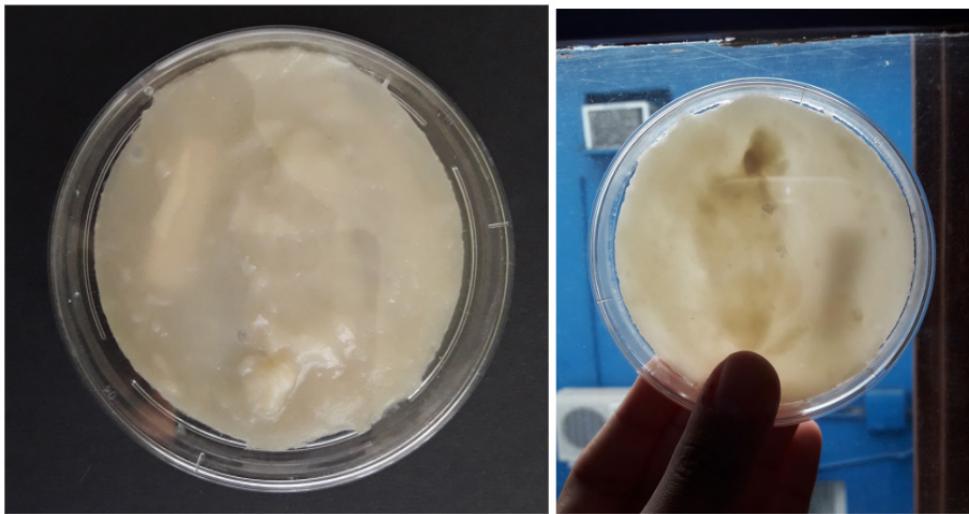
### Pigmentos

Foram utilizados alguns pigmentos naturais e artificiais na confecção de amostras, que são extraídos em meio aquoso, tais como, extraídos da casca de cebola, da casca de abóbora, da borra de café, além do corante alimentício. Os pigmentos naturais podem ter um baixo tempo de vida, isso ficou muito perceptível com o uso do pigmento da beterraba, que deu tom rosado a uma das amostras, mas o pigmento perdeu toda a coloração antes mesmo dela secar naturalmente, no período de 3 à 5 dias.

Figura 37: Extração de pigmento da casca da cebola

Fonte: AUTOR.

A extração de pigmento da casca da cebola ocorreu bem, deixando o solvente com uma cor forte. Foi feito um chá com 4 g de casca de cebola em 200 ml de água filtrada.

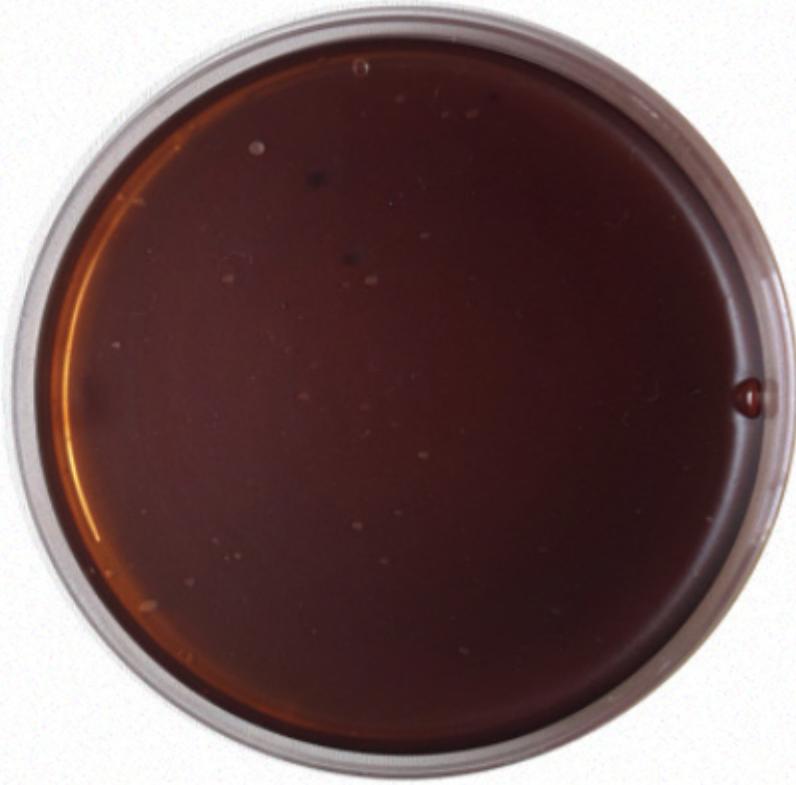


Figuras 35 - 36: Amostra criada usando farinha de trigo como biopolímero

Fonte: AUTOR.

O trigo acabou tendo o cheiro característico de massa crua, além de ter demorado semanas para ficar totalmente seco. Porém, apresentou flexibilidade e brilho no fim.





Figuras 38 - 39: Amostras criadas com pigmentos

Fonte: AUTOR.

Amostras com pigmentos adicionados. 38 - casca de cebola; 39 - corante alimentício.



Figuras 40 - 41: Amostras criadas com pigmentos

Fonte: AUTOR.

Amostras com pigmentos adicionados. 42 - café; 43 - corante alimentício.



Figuras 44 - 45: Fungos na amostra 7

Fonte: AUTOR.

Fungo apareceu também no líquido com pigmento da casca da cebola. Fungo nos primeiros dias de desenvolvimento.

Figuras 42 - 43: Fungos

Fonte: AUTOR.

Durante o trabalho, fungos cresceram em algumas amostras.

## Fungos

Os fungos estão presentes em toda parte, muitas vezes com seus esporos sendo carregados pelo vento, e isso ficou visível durante o desenvolvimento do trabalho, pois por mais que os instrumentais e o ambiente de trabalho fossem higienizados, os fungos foram aparecendo mesmo nas amostras fechadas.

Foi por esse motivo que o protocolo de criação de amostras considera o fato da placa de petri ter que ficar aberta até que a amostra seque o suficiente para que fungos não consigam crescer no material, a secagem completa depende da temperatura e umidade do ambiente,

mas costuma levar poucos dias. Entretanto, vale ressaltar que entender as condições que permitiam a proliferação de fungos nas amostras foi fundamental para o controle dessa ocorrência não desejável. Nenhuma acorrência de fungo apareceu depois da amostra 7.

# RELAÇÃO DE AMOSTRAS



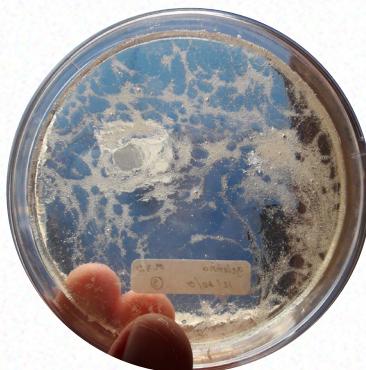
GEL-1

gelatina (12g)  
água (60ml)  
glicerina (4g)



AMID-2

amido (2g)  
água (80ml)  
glicerina (12g)  
vinagre (15ml)



GEL-3

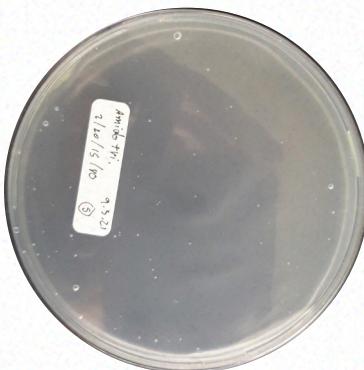
gelatina (12g)  
água (60ml)



TRIG-4

frinha de trigo (6g)  
água (60ml)  
glicerina (5g)  
vinagre (5ml)

# RELAÇÃO DE AMOSTRAS



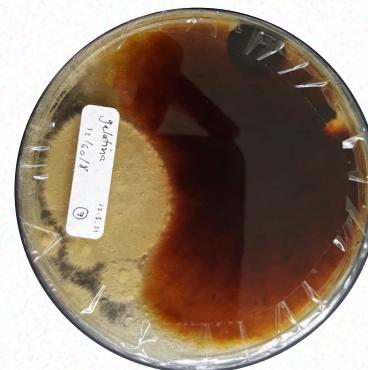
AMID-5

amido (2g)  
água (80ml)  
glicerina (20g)  
vinagre (15ml)



AMID-6

amido (2g)  
água (80ml)  
glicerina (5g)  
vinagre (15ml)



GEL-7

gelatina (12g)  
água (60ml)  
glicerina (8g)



GELSPUM-8

gelatina (45g)  
água (60ml)  
glicerina (17g)  
detergente (6ml)

# RELAÇÃO DE AMOSTRAS



GEL-9

gelatina (12g)  
água (75ml)  
glicerina (5g)



GELAMID-10

gelatina (6g)  
água (60ml)  
glicerina (6g)  
amido (6g)



GELSPUM-11

gelatina (15g)  
água (60ml)  
glicerina (6g)  
detergente (10ml)



AGAR-12

agarose (4g)  
água (80ml)  
glicerina (4g)

# RELAÇÃO DE AMOSTRAS



AGACAF-13

agarose (2g)  
água (40ml)  
glicerina (3g)  
café (7g)



GELAGAMID-14

gelatina (3g)  
agarose (3g)  
água (60ml)  
glicerina (6g)  
amido (6g)



GELCAF-15

gelatina (4g)  
água (40ml)  
glicerina (3g)  
café (5g)



GELAMICAF-16

gelatina (6g)  
água (60ml)  
glicerina (6g)  
amido (15ml)  
café (5g)

# RELAÇÃO DE AMOSTRAS



GEL-17

gelatina (8g)  
água (40ml)  
glicerina (3g)



GELCAF-18

gelatina (2g)  
água (40ml)  
glicerina (3g)  
café (7ml)



GELOVO-19

gelatina (2g)  
água (40ml)  
glicerina (3g)  
casca de ovo (7g)



GELOVO-20

gelatina (2g)  
água (40ml)  
glicerina (3g)  
casca de ovo (10g)

# RELAÇÃO DE AMOSTRAS



GELCAF-21

gelatina (45g)  
água (40ml)  
glicerina (3g)  
café (14g)



GELAMICAF-22

gelatina (6g)  
água (60ml)  
glicerina (6g)  
amido (6g)  
café (3g)



GELAMIDOVO-23

gelatina (6g)  
água (60ml)  
glicerina (6g)  
amido (6g)  
casca de ovo (3g)



GELAMICHA-24

gelatina (6g)  
água (60ml)  
glicerina (6g)  
amido (6g)  
chá (6g)

# ANÁLISE DE AMOSTRAS

## Análise por usuários

A etapa de análise em níveis sensoriais, interpretativos, afetivos e performativos foi organizada seguindo os parâmetros descritos nas referências bibliográficas, como nos textos *Material Driven Design* (PARISI, ROGNOLI E SONNEVELD, 2017), *Material Tinkering* (PARISI, ROGNOLI; SONNEVELD, Marieke. 2017) e *Meanings of Material* (KARANA.2009).

Foi também usado como base o Ma2E4 toolkit (CAMERE E KARANA), distribuído online no site do *Material Experience Lab*, laboratório de desenvolvimento de materiais entre as universidades *Politecnico di Milano* e *Delft University*. O material criado para as entrevistas

neste trabalho, tem como objetivo o planejamento e a sistematização da avaliação de materiais através de entrevista de aproximadamente 30 minutos. A entrevista consiste em pedir ao usuário que descreva as características físicas, sensoriais e sentimentais em relação as materiais apresentados, e o processo de entrevista é dividido em cinco partes:

### 1º Performativo

Solicitar ao participante que **explore livremente** o material, dividido no caso desse projeto em dois grupos de materiais, manipulando-o de diferentes maneiras, onde o entrevistado pode dobrar, esticar, torcer, ou fazer qualquer manipulação manual com as amostras. As amostras foram divididas em dois grupos para que fosse possível avaliar os materiais de biomassa de borra de café - grupo A -, e as amostras de gelatina e amido - grupo b -; As ações dos entrevistados neste primeiro momento são anotadas

### 2º- Sensorial

Dar a **folha de avaliação** (modelo usado na figura 46) ao participante para avaliação com sentidos dele(a), e pedir para que anote qual número descreve melhor cada uma das propriedades presentes na ficha. O entrevistado pode levar o tempo que precisar, e pode

manipular os materiais ao mesmo tempo se preferir.

### **3º- Afetivo**

Mostrar o **vocabulário de descrição afetiva**, uma lista de palavras, e peça para que ele selecione algumas para descrever cada grupo de materiais

## **4º- Interpretativo**

Mostre o **vocabulário interpretativo** - uma lista de palavras, assim como o de descrição afetiva - ao participante

Peça para que o participante **selecione 3 ou mais palavras** que descrevam sua relação com o material

5º- Reflexões

Faça as 3 últimas perguntas e tome notas sobre questões que o participante tiver

**“Qual a característica mais única do material?”**

**“Qual a característica mais agradável do material?”**

**“Qual a característica mais desagradável do material?”**

Para esta avaliação sensorial foram entrevistadas 14 pessoas, algumas em grupo e outras sozinhas, em ambos os casos os entrevistados encontraram pessoalmente os entrevistados, entreguei os grupos de amostras explicando a separação dos grupos, sem explicar a natureza das amostras e da pesquisa, com as amostras

Figura 46: Modelo de ficha de avaliação sensorial

Fonte: (CAMERE E KARANA - ADAPTAÇÃO NOSSA).  
Modelo de ficha de avaliação sensorial usado, o modelo foi baseado na referência, porém traduzido e sem as avaliações olfativas, por questões de segurança.

em mãos os entrevistados eram convidados naturalmente a manipular o material - inicio da primeira etapa - e a avaliação foi dividida entre os grupos "A" e "B", sendo o primeiro grupo composto por amostras à base de gelatina e amido, com adição de biomassa da borra do café (figura 47), e o segundo grupo por amostras de base de gelatina e amido (figura 48). Todas as etapas depois da primeira seguiram segundo o protocolo pré-estabelecido. Questões sanitárias relacionadas ao controle de covid-19 também foram levadas em consideração, para elaborar um protocolo de avaliação sensorial que fosse seguro aos entrevistados foi impresso material individual com as fichas de avaliação sensorial, e dos vocabulários interpretativo e sensorial, e oferecido álcool em gel antes de depois da entrevista. Levando essa preocupação sanitária em questão, as avaliações olfativas não foram incluídas no protocolo destas avaliações, e as entrevistas só aconteceram quando foi possível, as demais características foram utilizadas com base no modelo de referência.

Os entrevistados sabiam pouco ou nada sobre a composição das amostras bem como o objetivo desta pesquisa, esse fator foi importante para ter certeza de que as avaliações não seriam enviesadas e que fossem feitas puramente com base na relação do entrevistado com o material fornecido. Os resultados foram colocados em uma tabela e dos números foi gerada uma média simples utilizada para a criação de um gráfico borboleta, onde é pos-



Figura 47: Objeto A

Fonte: AUTOR.

Grupo de amostras A, receitas com biomassa de borra de café.



Figura 48: Objeto B

Fonte: AUTOR.

Grupo de amostras B, receitas à base de gelatina e amido.

sível comparar de maneira tanto matemática quanto visual as avaliações dos dois grupos de materiais "A" - base de gelatina com amido - e "B" - com biomassa de café.

### Análise de dados

A análise dos dados mostram que os usuários apesar de discordarem em alguns casos, de maneira geral mostram as percepções gerais de que os grupos de materiais divergem em algumas características e coincidem em outras. A divergência é notável nas características "liso/áspero" e "macio/duro", onde as médias finais são praticamente opostas. Já na característica "grudento/não grudento" as médias são coincidentes, mostrando a percepção de que ambos os grupos de amostras são não grudentos.

Após a análise sensorial, os entrevistados foram instruídos a escolher em uma lista de palavras as que representavam melhor as relações afetivas entre eles e os grupos de materiais (os vocabulários completos encontram-se no apêndice). O resultado desta parte da entrevista foi transformado em nuvens de palavras, um tipo de gráfico onde o tamanho da palavra representa a frequência em que foi escolhida, sendo quanto maior, mais escolhida, palavras que não foram escolhidas por nenhum usuário não aparecem na imagem.

USUÁRIOS	Cor insaturada ou saturada	Opaco ou transparente	Fosco ou brilhante	Não reflexivo ou reflexivo	Não fibroso ou fibroso	Textura regular ou irregular	Macio ou duro	Liso ou áspero	Não grudento ou grudento	Seco ou molhado	Frio ou quente	Duro ou flexível	Rígido ou elástico	Leve ou pesado		
1	3 -3	3 2	2 2	2 -3	-3 -3	2 -1	2 -3	3 -3	-3 -3	-3 0	0 2	2 2	-3 -3	-2 a b		
2	3 -2	-3 1	-2 1	-2 1	3 -3	3 -3	2 -3	3 -3	-3 -2	-2 -2	2 1	2 3	2 2	-1 b		
3	1 -2	-2 1	-3 -2	-3 -2	3 -2	3 -2	2 -3	1 -3	-2 -1	-2 -3	1 2	2 2	1 1	a b		
4	-3 2	-3 3	-3 -1	-3 3	-3 -3	3 -3	2 -3	3 -3	-3 -3	-3 -1	-3 -3	1 3	2 3	1 1	b b	
5	3 1	-3 1	-1 -2	-1 1	-2 -2	3 -3	2 -3	2 -3	-1 -2	-2 -1	-1 -2	2 2	2 1	-1 -3	a b	
6	3 0	-3 -3	2 -3	1 -3	3 -3	3 -3	2 -3	3 -3	-3 -3	0 -3	-3 -3	0 0	-2 1	0 -2	a b	
7	-2 3	-2 -3	-3 -3	-3 -3	2 3	-2 3	-1 2	0 2	0 -3	0 0	0 0	0 0	3 2	-2 -3	-3 -3	a b
8	3 -1	-3 2	-3 -3	1 -2	1 -3	3 -3	2 -3	-1 2	2 -3	-1 -1	-1 -3	3 3	-1 -3	-1 -2	a b	
9	3 1	-3 3	-1 -3	-1 -3	-2 3	3 3	2 2	2 -3	-1 -3	-2 1	-1 -1	2 2	-2 -3	-3 -3	a b	
10	3 3	-3 2	-3 3	-2 -3	3 3	3 3	2 2	3 2	-3 -2	-2 1	-2 1	2 2	2 -3	1 b		
11	3 -1	-3 2	2 -3	-3 -2	3 1	3 -1	2 -1	3 -1	-3 -2	-3 -1	-1 2	3 2	-3 -3	1 a		
12	2 -3	-2 1	-1 -2	0 2	3 -2	3 -2	2 -2	2 -3	-2 -3	0 -3	2 -1	2 3	2 -2	3 b		
13	3 2	-3 3	1 3	-3 -2	2 2	3 -2	1 -2	3 -2	-2 -1	0 -1	2 -1	1 1	-1 1	1 1	a b	
14	3 -3	-3 -1	0 2	-2 3	3 -3	3 -3	2 -3	3 -3	-2 -1	0 0	-2 0	1 3	1 1	0 0	a b	
média de a		2,0	-2,4	-0,9	-1,4	1,3	2,5	1,5	2,4	-2,1	-2,0	-0,8	0,7	-0,6	0,5	
média de b		-0,2	1,0	-0,8	-0,7	-1,3	-1,0	-1,1	-2,1	-2,1	-1,5	-0,9	2,2	0,3	-1,6	

Figura 49: Tabela com as avaliações dos entrevistados

Fonte: AUTOR.

Tabela com a percepção dos usuários anotada das fichas de avaliação sensorial, Com essa tabela foi possível retirar uma média sobre os grupos A e B, para a construção do gráfico de borboleta e melhor compreensão da relação entre entrevistados e os materiais.

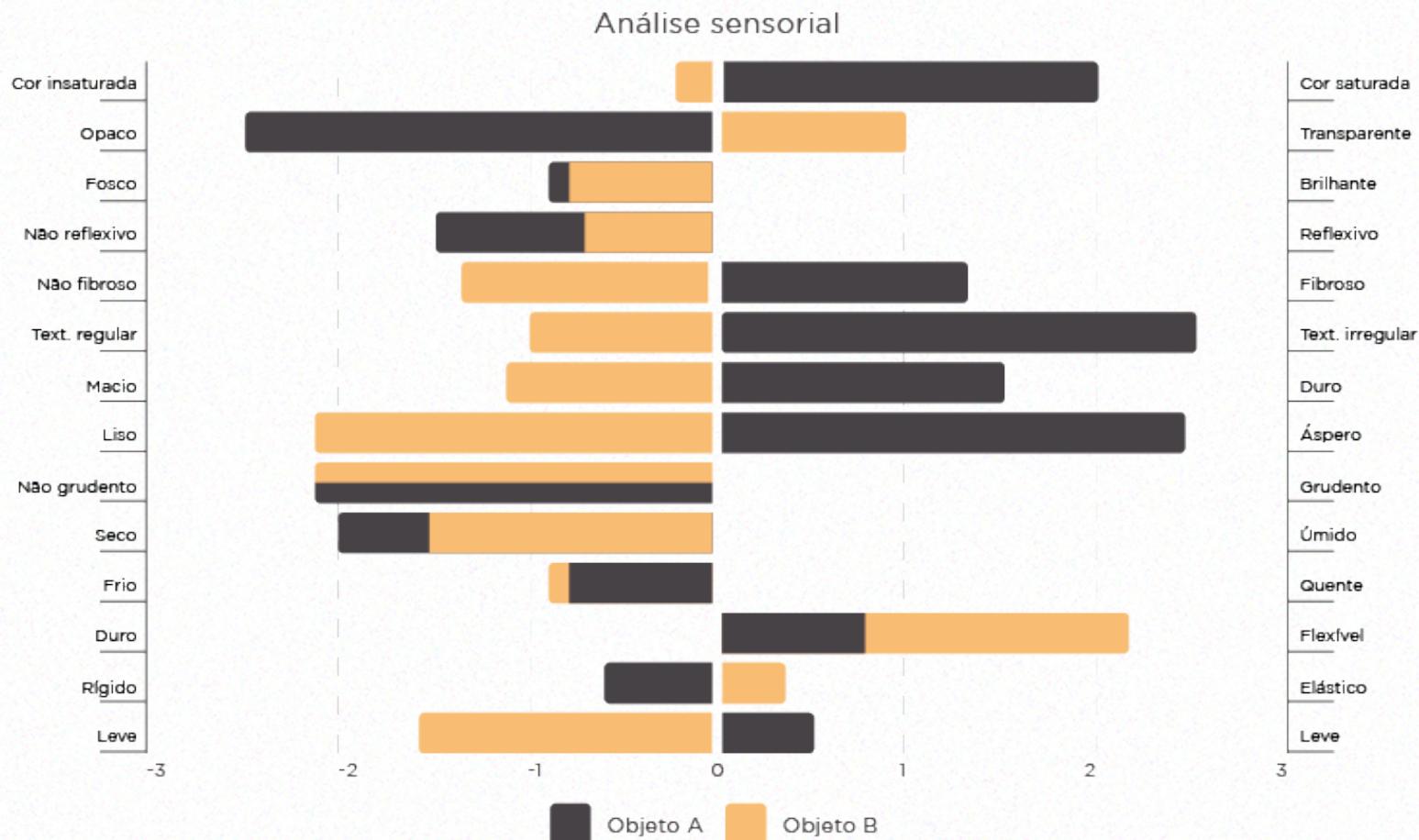


Figura 50: Gráfico comparativo entre objetos de análise “A” e “B”

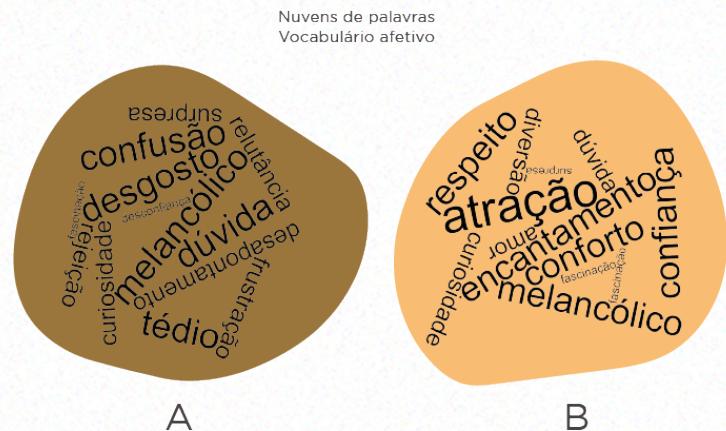
Fonte: AUTOR.

Comparação entre os resultados das análises sensoriais feitas pelos entrevistados, no gráfico borboleta as barras mostram as avaliações dos objetos “A” e “B” nos 14 parâmetros de avaliação.

## A percepção dos materiais

A percepção final dos entrevistados sobre os grupos de materiais foi definida a partir da ficha de avaliação do gráfico de borboleta e das nuvens de palavras montadas através dos dados dos vocabulários afetivo e interpretativo. O grupo de materiais A é percebido como sendo de cor saturada, opaco, textura irregular, duro, áspero, seco, fibroso. E tem as definições de interpretativas e afetivas de confuso, sóbrio, desgostoso, masculino, melancólico, estranho, tedioso, agressivo, duvidoso e feito a mão. Já o grupo B é macio, liso, não grudento, seco, flexível, leve, não fibroso e tem como característica percebidas pelos vocabulários de Atraente, fabricado, respeitável, aconchegante, confortável, calmo, in cantante, elegante, confiável e melancólico.

Figura 51: Vocabulário afetivo



Fonte: AUTOR.

Nuvem de palavras compostas pelo vocabulário afetivo, cada palavra tem o tamanho determinado pela incidência de escolha pelos entrevistados.

Figura 52: Vocabulário interpretativo



Fonte: AUTOR.

Nuvem de palavras compostas pelo vocabulário interpretativo, cada palavra tem o tamanho determinado pela incidência de escolha pelos entrevistados.

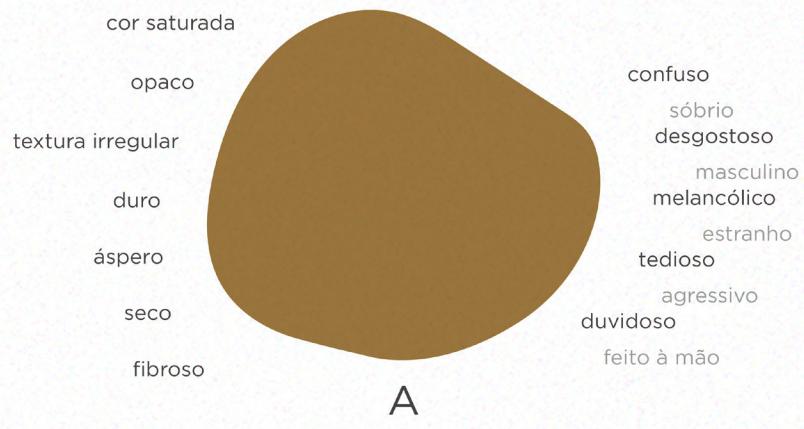


Figura 53: Percepção dos entrevistados sobre o grupo de materiais A

Fonte: AUTOR.

A figura mostra qual a percepção geral dos entrevistados em relação ao grupo de amostras “A”, as definições são referentes aos resultados das quatorze entrevistas, usando os dados da ficha de avaliação e dos dois tipos de vocabulários, afetivo e interpretativo.

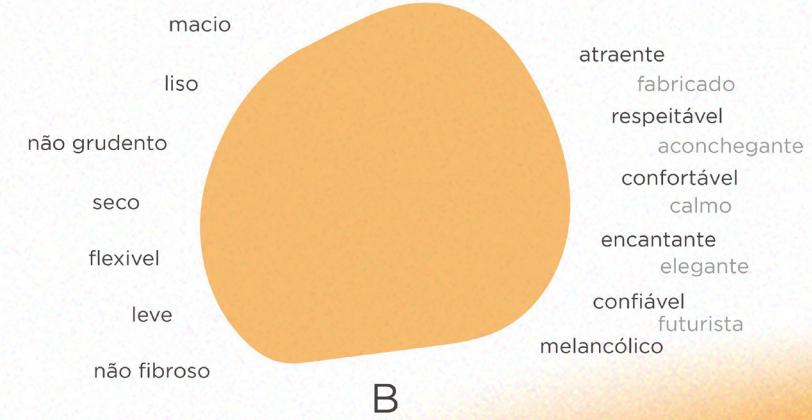


Figura 54: Percepção dos entrevistados sobre o grupo de materiais B

Fonte: AUTOR.

A figura mostra qual a percepção geral dos entrevistados em relação ao grupo de amostras “B”, as definições são referentes aos resultados das quatorze entrevistas, usando os dados da ficha de avaliação e dos dois tipos de vocabulários, afetivo e interpretativo.

# ANÁLISE DE PROPRIEDADES TÉCNICAS

Para a melhor compreensão dos materiais sobre um ponto de vista técnico foram feitos alguns testes com a intenção de entender o material, utilizando as metodologias de *Material Tinkering* (PARISI, ROGNOLI, SONNEVELD) e *Material Driven Design* (ROGNOLI, KARANA, BARATI, E ZEEUW VAN DER LAAN), analisando o material não somente pelo ponto de vista do usuário, mas também pelos seus aspectos técnicos. Os testes foram planejados levando em conta as

limitações deste projeto, limitações pensadas tanto na proposta de diy, tanto com a limitação de produzi-los fora de ambientes controlados e com ferramentas profissionais. Os testes feitos foram de união de partes, hidrosolubilidade e inflamabilidade.

## União de partes

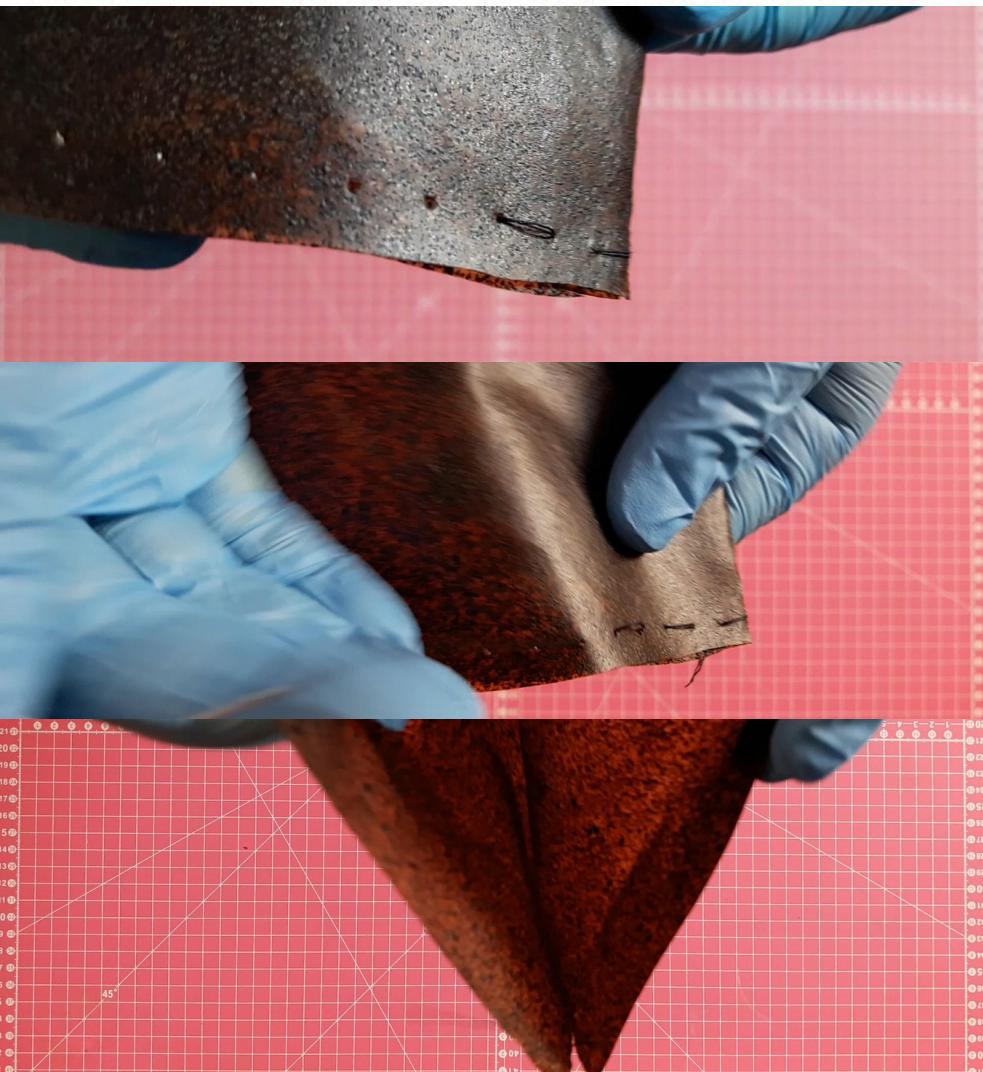
Os testes de união de partes tem o objetivo de avaliar a possibilidade diferentes conformações dos materiais, as técnicas são as mesmas dos materiais canônicos, como rebites, colas, etc. Os 3 tipos de união de partes testados foram os seguintes.

### a) Mecânica

A união de partes mecânica é aquela em que usam elementos externos para a junção de um material com outra parte dele mesmo, ou com outro material. Neste caso os elementos mais comuns são pregos, parafusos, grampos, costura, rebite, botões, entre outros. Usado em diversas áreas, de móveis à roupas.

Neste trabalho os testes de união de partes mecânica que foram usados foram costura e grampos, Como podemos ver nas fotos os materiais apresentam a possibilidade de serem conformados com costura, mesmo que nestes experimentos a costura tenha sido feita à mão, o que nos demonstra que esses materiais

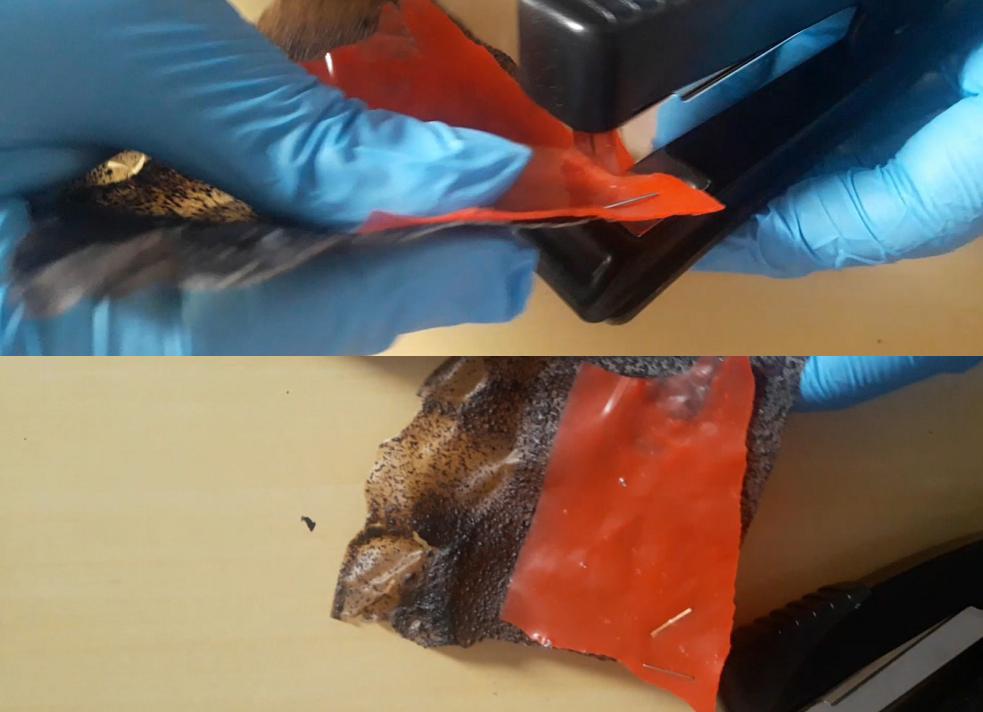
podem ser conformados da mesma maneira que materiais canônicos como os materiais têxteis ou tecidos, ou aos couros e peles. Além disso, os materiais mostram a possibilidade de união de partes através de grampos.



Figuras 55 - 57: Teste de união por costura

92 Fonte: AUTOR.

A figura mostra um teste de costura sobre o material, o material se comporta de maneira semelhante a um tecido ou papel.



Figuras 58 - 59: Teste de união por grampo

Fonte: AUTOR.

O material é unido pelo grampo utilizando materiais diferentes, à base de gelatina e com biomassa de borra de café.

### b) Térmica

Fixações térmicas usam uma fonte de calor para unir duas partes do mesmo material. Comumente usado na produção de embalagens plásticas.

Como podemos ver nas imagens os materiais podem ser fixados de maneira térmica, Porém com ferramentas caseiras onde o controle da temperatura não é exato, a temperatura pode

variar entre derreter o material ou não ser suficiente para servir como união de partes, Neste caso o ideal é que cada material com cada espessura diferente tenha a sua temperatura ideal testada, e aplicado com uma ferramenta feita para este processo, como uma seladora térmica.

### c) Química

A união de partes química é aquela que usa um produto para união do material com ele mesmo ou com outro material, onde a união acontece após o produto passar por uma reação, os mais comuns são colas e adesivos líquidos. Esse tipo de união também é usada na fabricação de embalagens de papel e em móveis de madeira.

Nesses testes podemos perceber que os materiais conseguem ser fixados através de colas, o que pode dar várias aplicações aos materiais, como no desenvolvimento de embalagens.



Figuras 60 - 62: Teste de união por cola

Fonte: AUTOR.

No teste feito com cola branca, duas partes do mesmo material se unem de forma semelhante ao papel.

## Inflamabilidade

O teste de inflamabilidade foi feito para detectar a possibilidade desses novos materiais serem inflamáveis ou não, conforme observado nos experimentos os materiais não apresentam fácil inflamabilidade, e os dois tipos de materiais se comportam de forma diferente, o material com a biomassa da borra de café queima lentamente sem se deformar, já o material a base de gelatina e amido se deforma como um material plástico ao entrar em contato com calor alto da chama.

Figuras 63 - 66: Testes de inflamabilidade

Fonte: AUTOR.

Nos dois tipos de materiais a inflamabilidade é moderada, o material queima quando mantido sobre a chama projetada de um isqueiro, mas a chama não se propaga quando o isqueiro é desligado.



## Hidrossolubilidade

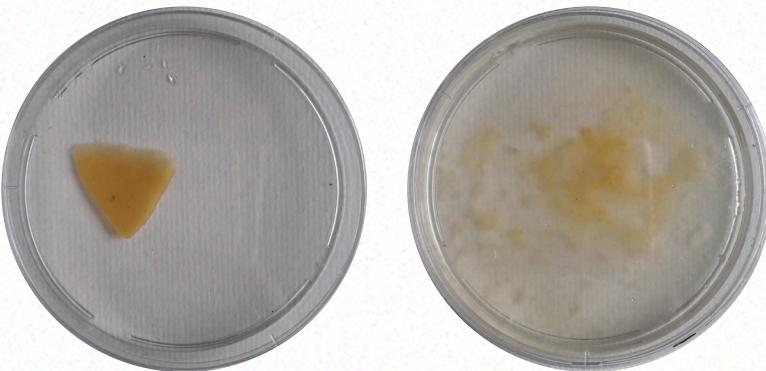
Neste teste foram colocadas duas amostras de cada material, uma em uma placa de controle e uma em ambiente com água, onde as amostras foram deixadas por dez dias. No fim, ficou perceptível que as amostras de controle continuaram no mesmo estado que estavam, enquanto as deixadas na água apresentaram descoloração e solubilidade, principalmente na amostra de gelatina com amido, onde o material em pouco tempo perdeu a maior parte da sua forma anterior. Testar a hidrossolubilidade é importante nesses materiais, já que grande parte do problema causado por plásticos em ambientes aquáticos é relacionado ao longo tempo que o plástico derivado de petróleo demora para se degradar, assim essas amostras de bioplástico mostram um ponto favorável em comparação ao material canônico (plástico derivado de petróleo não biodegradável).



Figuras 67 - 68: Testes de hidrossolubilidade

Fonte: AUTOR.

O teste mostrou que o material com biomassa de borra de café tem algum nível de solubilidade no curto período de dez dias, com aparente desprendimento de massa e de coloração



Figuras 69 - 70: Testes de hidrossolubilidade

Fonte: AUTOR.

O teste mostrou que o material de gelatina com amido de milho tem grande nível de solubilidade, no curto período de dez dias o material perdeu completamente sua forma original.

# DESENVOLVIMENTO DE PROPOSTAS

Para testar as diferentes aplicações possíveis desses materiais, levando em conta o contexto geral do trabalho, da geração de amostras até a avaliação por entrevistas, foi criado dois propótipos de produtos, uma embalagem usando o material à base de gelatina e amido (gelamid-10), e o material com biomassa de borra de café (gelcaf-15). Para o primeiro caso foi feita uma embalagem de grãos, com união de partes por cola - a criação desde protótipo é especulativa e não segue normas vigentes de criação de embalagens, até porque é sempre bom lembrar que normas mudam conforme os materiais se tornam canônicos, ou seja, usados em larga escala -. O segundo caso foi a

criação de uma carteira, com união de partes do tipo mecânica, utilizando costura. A ideia aqui era de utilizar a avaliação dos entrevistados de que esse material era visto de maneira mais bruta, e utilizado no lugar de um material canônico como o couro, porem de origem sustentável.



Figura 71: Marcas do molde

Fonte: AUTOR.

É possível notar que os materiais conseguem replicar marcas de molde, no caso da imagem, marcas de uma folha de silicone.



Figura 72: Protótipo de embalagem

Fonte: AUTOR.

Protótipo de embalagem com gelamid-10, material foi profuzido em uma folha fina, e as partes foram unidas por cola.



Figura 73: Protótipo de carteira

Fonte: AUTOR.

Protótipo de uma carteira com gelcaf-15, material foi profuzido em uma folha não muito fina, e as partes foram unidas por costura.

# CONCLUSÃO

De acordo com os resultados, esta pesquisa mostra que através dos processos de experimentação, do material driven design, é possível criar materiais alternativos aos pré-established para aplicações em design. O emprego de novas tecnologias de manufatura trazem um viés contemporâneo ao design, visando sustentabilidade e a possibilidade uma fabricação de material DIY (do it yourself) pelo designer, pela indústria ou até mesmo pelo usuário. Assim como o plástico derivado de petróleo foi e é importante, criando possibilidades para o design de produtos, é também no mundo atual um problema, com o crescimento populacional acompanhado de grande produção de dejetos sólidos à base de plástico, em parte é um problema de design e portanto pode ser solucionado com design. A discussão e experimentação do designer

na criação de novos materiais é fundamental para um desenvolvimento industrial voltado à experiência do usuário e à sustentabilidade, visando não só a criação para o contexto existente, mas para aquele que queremos criar.

"Existem profissões mais danosas que o design industrial, mas não muitas" (PAPANEK, 1984, P.9, tradução nossa).

Nessa pesquisa a utilização de bioplásticos biodegradáveis aparece como alternativa, tanto aos montes de objetos de uso único, como para fins que ainda hão-de ser determinados com o desenvolvimento dos materiais e formas de conformação na segunda metade deste trabalho de conclusão de curso.

Os materiais se mostraram proeminentes em suas propostas, e com maior estudo definitivamente têm o potencial para algum dia serem aplicados como alternativas aos materiais convencionais.

# REFERÊNCIAS

ASHBY, Michael; JOHNSON, Kara. Materials and Design: The Art and Science of Material Selection in Product Design. 3th. ed. [s.l.] : Butterworth-Heinemann, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15448-1: Embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis. Parte 1: Terminologia. Rio de Janeiro, p. 1-6. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15448-2: Embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis. Parte 2: Biodegradação e compostagem - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, p. 1-14. 2008.

BHAGWAT, Geetika; GRAY, Kelsey; WILSON, Scott P.; MUNIYASAMY, Sudhakar; VINCENT, Salom Gnana Thanga; BUSH, Richard; PALANISAMI, Thava. Benchmarking Bioplastics: A Natural Step Towards a Sustainable Future. *Journal of Polymers and the Environment*, [S. l.], v. 28, n. 12, p. 3055–3075, 2020. DOI: 10.1007/s10924-020-01830-8. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10924-020-01830-8>. Acesso em: 12 de Jul. de 2021.

BONSIEPE, Gui. Design Como Prática de Projeto. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2012.

DUNNE, Margaret. Bioplastic Cook Book. [s.l.: s.n.]. Disponível em: [https://issuu.com/nat\\_arc/docs/bioplastic\\_cook\\_book\\_3](https://issuu.com/nat_arc/docs/bioplastic_cook_book_3). Acesso em: 12 de Jul. de 2021.

GARCIA AYALA, Camilo; ROGNOLI, Valentina; KARANA, Elvin. THE MATERIALS GENERATION. [s.d.] (2019). Disponível em: <http://materialsexperiencelab.com/toward-design-strategies-for-diy-materials>. Acesso em: 20 ago. 2021.

TOMA, Henrique E. Nanotecnologia Molecular - Materiais e Dispositivos Coleção de Química Conceitual - Volume 6. 1. ed. 90. [s.l.] : Blucher, 2016.

QUANTITATIVOS. Resíduos coletados no município. Prefeitura de São Paulo, São Paulo, 18 de mar. de 2021. Disponível em: <<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/amlurb/index.php?p=185375>>. Acesso em: 12 de Jul. de 2021.

>. Acesso em: 12 de Jul. de 2021.

MMA; MEC; IDEC. CONSUMO SUSTENTÁVEL: Manual de educação. Brasília. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao8.pdf>. Acesso em: 12 de Jul. de 2021.

MORATOYA, E. E.; CARVALHAES, G. C.; WANDER, A. E.; ALMEIDA, L. M. D. M. C. Mudanças no padrão de consumo alimentar no Brasil e no mundo. *Revista de Política Agrícola*, n. 1, p. 72-84, Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/86553/1/Mudancas-no-padroao-de-consumo-alimentar-no-Brasil-e-no-mundo.pdf>>. Acesso em: 15 de agosto de 2021.

NORMAN, Donald A. Emotional Design. New York: Basic Books, 2004.

KARANA, Elvin; BARATI, Bahar; ROGNOLI, Valentina; ZEEUW VAN DER LAAN, Anouk. Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences. *International Journal of Design*, [S. l.], v. in press, 2015.

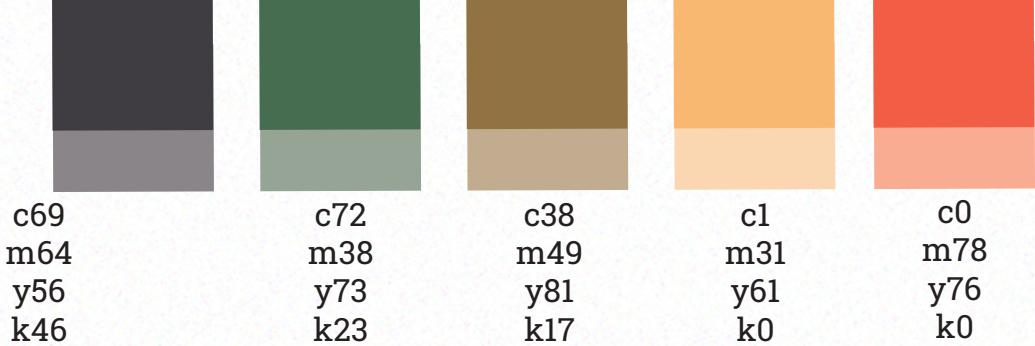
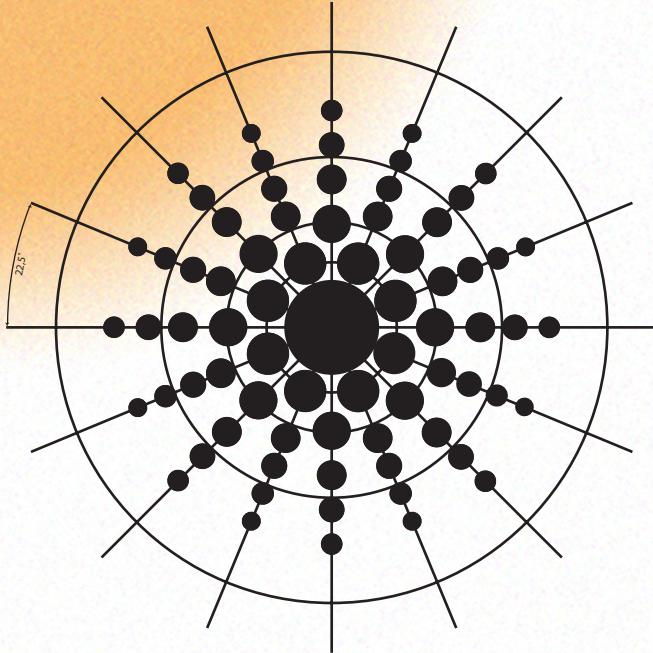
PAPANEK, Victor. Design for the real World. 2. ed. London: Thames & Hudson, 1984.

PARISI, Stefano; ROGNOLI, Valentina; SONNEVELD, Marieke. Material Tinkering. An inspirational approach for experiential learning and envisioning in product design education. *The Design Journal*, [S. l.], v. 20, n. sup1, p. S1167–S1184, 2017. DOI: 10.1080/14606925.2017.1353059. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14606925.2017.1353059>. Acesso em: 12 de Jul. de 2021.

PARKES, Alex. On the Properties of Parkesine, and its Application to the Arts and Manufactures. *London Journal of the Society of Arts*, [S. l.], n. 683, 1886.

WOLF, G. iFood cresce 50% em pedidos desde março e chega a 44,6 mi de entregas mensais. *Estadão*, 2020. Disponível em: <<https://link.estadao.com.br/noticias/innovacao,ifood-pedidos-45-milhoes-quarentena,70003468959>>. Acesso em: 16 de agosto de 2021.

# IDENTIDADE VISUAL



átimo  
bioplásticos

átimo  
bioplásticos

