INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CÂMPUS JARAGUÁ DO SUL - CENTRO
CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA

BRYAN HENRIQUE BARBOSA
GABRIEL SANT UNIONI BARABAS
LIVIA MARIA JESUS BEZERRA
LUCAS GONÇALVES DE SOUZA
NICOLAS BRASILINO RODRIGUES
RENATO SIEVES

Biomaterial do Abacate: Desenvolvimento de um Análogo de Couro a Partir de Resíduos Orgânicos

Jaraguá do Sul
2026

BRYAN HENRIQUE BARBOSA
GABRIEL SANT UNIONI BARABAS
LIVIA MARIA JESUS BEZERRA
LUCAS GONÇALVES DE SOUZA
NICOLAS BRASILINO RODRIGUES
RENATO SIEVES

Biomaterial do Abacate: Desenvolvimento de um Análogo de Couro a Partir de Resíduos Orgânicos

Projeto de pesquisa desenvolvido no âmbito do programa Conectando Saberes do Curso Técnico em Química do Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Jaraguá do Sul – Centro

Orientador: Prof.° Dr. Elder Correa Leopoldino

Jaraguá do Sul
2026

SUMÁRIO

1 TEMA 5
2 DELIMITAÇÃO DO TEMA 5
3 PROBLEMA DE PESQUISA 5
4 HIPÓTESES 5
5 OBJETIVO GERAL 6
5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 6
6 JUSTIFICATIVA 6
7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA / REVISÃO DE LITERATURA 7
7.1 ABACATE 8
7.2 REAPROVEITAMENTO DOS REJEITOS DE ABACATE 8
7.3 ECONOMIA CIRCULAR: 9
7.4 COURO 9
7.4.1 Processamento do couro animal 10
7.4.2 Biomaterial vegano 10
7.5 PROPRIEDADES DO BIOMATERIAL 11
7.6 BIOMATERIAIS E SINTÉTICOS: O QUE DEFINE O BIOMATERIAL? 12
7.7 USO DO CRAVO DA ÍNDIA COMO AGENTE ANTIMICROBIANO E MÉTODOS DE EXTRAÇÃO 12
8 METODOLOGIA 13
8.1 EXTRAÇÃO DA CELULOSE ATRAVÉS DA CASCA DO ABACATE 13
8.2 EXTRAÇÃO DO BIOPOLÍMERO 14
8.3 EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DO CRAVO-DA-ÍNDIA 15
8.4 PRODUÇÃO DE MOLDAGEM DO BIOMATERIAL 16
8.5 ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS 17
8.5.1 Permeabilidade 17
8.5.2 Resistência química 17
8.5.3 Flexibilidade e Tração 18
8.6 ESPECTROSCOPIA DO INFRAVERMELHO 18
9 CRONOGRAMA 19

1 TEMA

Produção de biomaterial à base da casca e do caroço do abacate.

2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O projeto delimita-se ao estudo da produção de um biomaterial que simula o couro a partir da casca e do caroço do abacate, utilizando esses resíduos orgânicos como matéria-prima.

3 PROBLEMA DE PESQUISA

O aumento na geração de resíduos tem se tornado um tema cada vez mais relevante, especialmente no contexto do reaproveitamento de materiais de origem orgânica. Neste cenário, o Brasil é um país que é o principal produtor e consumidor da fruta, contudo, o país apresenta grandes índices de desperdício e baixo reaproveitamento dos resíduos que o abacate fornece. Embora o potencial desses resíduos seja considerável, é possível observar que existem poucas aplicações desse material voltada a sua reutilização. Deste modo, indaga-se a possibilidade de aplicar o reaproveitamento desses resíduos de abacate para produção do biomaterial como opção de material com propriedades adequadas para aplicação como material têxtil.

A viabilidade desse biomaterial pode estar relacionada à presença de compostos naturais nos resíduos do abacate, como fibras, amido, celulose e óleos vegetais, que podem contribuir para as características desejadas em um biomaterial, como flexibilidade, resistência mecânica e biodegradabilidade. Além de reduzir os impactos ambientais causados pelo desperdício de matéria orgânica, o reaproveitamento desses resíduos pode oferecer alternativas mais sustentáveis ao couro convencional, entretanto, fatores como baixa durabilidade, sensibilidade à umidade e possíveis custos elevados em processos de tratamento e conservação.

4 HIPÓTESES

- É possível produzir um material vegano que atenda as características semelhantes a um couro a partir dos resíduos do abacate.
- Devido às características bioativas do eugenol presente no cravo-da-índia, espera-se maior resistência contra a degradação microbiana e oxidativa sem prejudicar as demais características do biomaterial vegano.
- Através do reaproveitamento dos resíduos de abacate, há viabilidade comercial do biomaterial ter aplicação prática, agregando valor a um subproduto agroindustrial que seria descartado.

5 OBJETIVO GERAL

Produzir um biomaterial a partir de resíduos do abacate, e promover práticas sustentáveis com a produção de um material alternativo.

5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter os resíduos de abacate com estabelecimentos alimentícios;
- Extrair e caracterizar os biopolímeros do resíduo do abacate;
- Extração do óleo essencial do cravo-da-índia;
- Desenvolver experimentalmente o biomaterial, ou um material similar;
- Avaliar as propriedades físico químicas do material produzido;
- Aplicação do óleo para aumentar resistência do biomaterial à proliferação de bactérias e fungos.

6 JUSTIFICATIVA

Atualmente vivemos em uma realidade que naturalizou o descarte excessivo de rejeitos, recicláveis ou não, e estima-se que o Brasil gera mais de 80 milhões de toneladas de lixo por ano. De acordo com ABRELPE, (2023) cerca de 30% a 40% desse total poderia ser reciclado, mas grande parte ainda tem destinação inadequada. Nesse cenário encontra-se o abacate, que é incluído como material reciclável, sendo que 25% da massa da fruta é o caroço e a casca.

Dados disponibilizados pelo IBGE indicam um consumo de apenas 1,9 kg/ano por pessoa no Brasil, cerca de 106 toneladas destes são casca e caroço, o que desperta preocupação, vendo que o descarte inadequado destes e outros resíduos pode gerar graves impactos ambientais. (ABRAFRUTAS, 2024)

Buscando uma escolha sustentável, além disso, uma opção alternativa, considerando que a comunidade vegana representa cerca de 14% da população brasileira, propõe-se a produção de um biomaterial alinhado às demandas desse público. (SVB, 2022)

O veganismo é um estilo de vida que busca excluir qualquer tipo de exploração e crueldade realizada com animais, além do que muitos acreditam, não parte somente da dieta, também exclui produtos como o couro animal (THE VEGAN SOCIETY, 2024). Sendo assim esta proposta serviria para atender esse grupo seleto, trazendo uma alternativa de origem vegetal, com base em resíduos do abacate.

Ao analisar o cenário de Jaraguá do Sul (SC), destaca-se sua relevância como um importante polo têxtil e industrial do estado. Apesar da forte presença de empresas do setor de

confecção e tecidos, a produção de materiais veganos ainda não é amplamente adotada, uma vez que a maior parte das indústrias permanece focada nos processos e matérias-primas tradicionais. Essa realidade desperta curiosidade em investigar a possibilidade e a viabilidade da produção do biomaterial na região, considerando tanto o potencial ambiental quanto às oportunidades de mercado.

7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA / REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Seane Lennon (2025), um boletim elaborado pelo Departamento de Economia Rural (Deral), da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (Seab) mostrou que o Brasil, como forte produtor agrícola, é o 7º país que mais produz abacate. Devido ao seu elevado consumo, há uma geração significativa da quantidade de resíduos. Teresa Mersereau afirma que a geração desses resíduos tem um impacto ambiental bem negativo, já que no processo de decomposição são liberados gases que agravam o efeito estufa, além de efeitos ambientais adversos gerais dos aterros sanitários, como impactos na biodiversidade e paisagem natural.

Conforme afirma Tiago Alcobia Falcão (2024), o abacate a nível industrial, passa pela indústria alimentícia, mas também se estende para outras áreas. Isso mostra que o abacate não se limita ao consumo direto, nesse sentido, diante dos impactos ambientais gerados pelo descarte de resíduos, diversas indústrias passaram a adotar o sistema de economia circular. O que abre um leque ainda maior para a utilização do abacate a nível industrial.

7.1 ABACATE

O abacate é uma fruta amplamente produzida no Brasil, gerando grande quantidade de resíduos, principalmente casca e caroço, que correspondem a cerca de 25% da massa total do fruto. Esses resíduos,muitas vezes descartados,possuem elevado potencial de reaproveitamento por serem ricos em fibras naturais, celulose, hemicelulose, amido e compostos antioxidantes (CECCHERINI; SCAPIM; LARROSA, 2024).

A casca e o caroço apresentam características importantes para a produção de biomateriais sustentáveis, pois suas fibras oferecem resistência estrutural, enquanto o amido contribui para a formação de materiais flexíveis e biodegradáveis. Essas propriedades permitem o desenvolvimento de bioplásticos e filmes vegetais com potencial para produção de um biomaterial, oferecendo uma alternativa ecológica ao couro convencional (SILVA; CASTRO; CANUTO, 2024).

A utilização dos resíduos provenientes do abacate na produção de biomateriais constitui uma estratégia alinhada aos princípios da sustentabilidade e da economia circular. O aproveitamento desses subprodutos contribui para a redução do volume de resíduos descartados no meio ambiente, promovendo a valorização de recursos renováveis e o desenvolvimento de materiais com menor impacto ambiental. Dessa forma, essa abordagem favorece a adoção de práticas mais sustentáveis e ambientalmente responsáveis nos processos produtivos.

7.2 REAPROVEITAMENTO DOS REJEITOS DE ABACATE

Ao contrário do que muitos acreditam, os rejeitos de alimentos trazem muitos nutrientes, no caso do abacate o caroço e casca são compostos basicamente por fibras, compostos fenólicos, flavonoides e até propriedades antioxidantes e antimicrobianas. Estudos mostram que esses compostos podem ser aproveitados na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética. (CECCHERINI; SCAPIM; LARROSA, 2024).

Na indústria alimentícia, a produção de farinha a partir de resíduos do abacate, como o caroço e a casca, é viabilizada por sua composição rica em fibras, amido e outros polissacarídeos estruturais. Após o processo de secagem, ocorre a redução significativa da umidade, o que aumenta a estabilidade do material e permite sua trituração em partículas finas. Além disso, esses resíduos apresentam compostos fenólicos e antioxidantes que permanecem relativamente estáveis após o processamento, agregando valor funcional à farinha (NASCIMENTO *et al*., 2025; MOREIRA *et al*., 2026).

O reaproveitamento da casca do abacate também é funcional para a sustentabilidade vendo que devido ao seu elevado teor de polissacarídeos estruturais, como celulose, a casca do abacate apresenta propriedades que a tornam uma matéria-prima promissora para a produção de bioplásticos biodegradáveis. Esses biopolímeros naturais conferem resistência mecânica e capacidade de formação de filmes, características essenciais para o desenvolvimento de materiais plásticos. Além disso, a possibilidade de extração e modificação desses compostos permite a obtenção de biopolímeros com propriedades ajustáveis, ampliando suas aplicações em embalagens e outros produtos. Nesse contexto, o aproveitamento da casca do abacate não apenas reduz o volume de resíduos agroindustriais, mas também contribui para a substituição parcial de plásticos convencionais derivados do petróleo, alinhando-se aos princípios da sustentabilidade e da economia circular (MOREIRA *et al*., 2026; NASCIMENTO *et al*., 2025).

7.3 ECONOMIA CIRCULAR:

O sistema conhecido como economia circular, é aquele que busca promover práticas de reaproveitamento com o engajamento de pessoas e governos na promoção de políticas públicas sustentáveis. Diferente do modelo de economia tradicional que baseia-se em extrair, produzir e descartar, de acordo com Fernando Antônio Abdalla (2018) a economia circular acrescenta outros processos ao ciclo como reparo/reuso, remanufatura e 'super-ciclagem' (Upcycling). Visa, portanto, possibilitar um aproveitamento e reaproveitamento sistemático de produtos.

7.4 COURO

O couro é um material de origem animal, mais especificamente da pele do animal que é formada de colágeno, porém a pele crua ainda não se caracteriza como um couro, porque ela ainda apodrece e é muito rígida. A pele passa por um processamento envolvendo diversas etapas para sua estabilização e, eventualmente, se tornar um couro. (CTIC, s.d.)

7.4.1 Processamento do couro animal

Segundo o Centro Tecnológico das Indústrias do Couro (CTIC), o processo de fabricação do couro envolve diversas etapas físicas e químicas destinadas a transformar a pele animal em um material estável e resistente à decomposição. Inicialmente, a pele é conservada por congelamento ou pela aplicação de cloreto de sódio (NaCl). Em seguida, passa por processos de limpeza e preparação, nos quais são utilizados agentes bactericidas, fungicidas, hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) e sulfeto de sódio (Na_2S), responsáveis pela remoção de pelos, gorduras e impurezas.

Posteriormente a pele é submetida à desencalagem e purga, utilizando ácidos fracos, como ácido acético (CH_3COOH) e ácido fórmico (HCOOH), além de sais de amônio e enzimas para eliminar resíduos e preparar as fibras para as etapas seguintes. Na piquelagem, empregam-se principalmente ácido sulfúrico (H_2SO_4) e ácido fórmico, que ajustam o pH e favorecem a penetração dos agentes curtentes.

A etapa a seguir é a mais importante, que é o curtimento, responsável por estabilizar as fibras de colágeno e impedir a decomposição da pele. O método mais utilizado emprega sais de cromo (Cr^{3+}), enquanto alternativas vegetais utilizam taninos extraídos de plantas. Em seguida, ocorre o recurtimento, no qual podem ser adicionados taninos, resinas e outros agentes químicos para modificar propriedades como maciez, elasticidade e resistência.

Fica evidente o uso considerável de produtos químicos usados no processamento do

couro animal (como sais, ácidos e bases fortes). Parte desses materiais como por exemplo, o sal de cromo, caso seja descartado de maneira incorreta, acaba causando problemas na natureza, contaminando tanto a água como o solo (HERMES *et al*., 2013).

7.4.2 Biomaterial vegano

Segundo Yetikyel (2024), o tecido vegano não é feito de origem animal, porém, tenta imitar, mantendo as mesmas características de elasticidade, aparência, durabilidade e estabilidade. Ele não precisa passar pelos processos de curtimento, pois não tem colágeno para degradar. Ele é feito a partir de um processo sintético que usa plásticos como PVC e poliuretano, porém esse método não é biodegradável, ou seja, ele polui o meio ambiente.

Existe o método de base biológica, que é sustentável e produz material semelhante ao couro a partir de diversos compostos naturais como cascas de maçã, resíduos de abacate, fungos e folhas de abacaxi. E a partir dessa opção ecológica, tem diversos desses materiais sustentáveis que são comercializados, como indicado por PREARO e ZANARDI (2024). Como exemplo citam-se: a marca Vegea, com materiais a partir de resíduos da produção de vinho, como cascas, caules e sementes de uva descartados; A marca Frumat com material a partir da celulose residual do processo de prensagem de maçãs para a produção de sidra; Pinatex, que é um subproduto obtido da colheita do abacaxi, sendo um material leve, flexível, respirável, e pode ser impresso, costurado e cortado, sendo escolhido pela marca Hugo Boss para sua coleção de moda; A marca EVE Cork já utiliza cortiça em seus produtos, a partir da casca dos sobreiros, sendo esse biomaterial detentor de qualidades naturalmente impermeáveis e uma textura orgânica; Marcas como Dolce & Gabbana, produzem peças de roupa únicas a partir da madeira (casca de árvore) de diversas espécies, inclusive produzindo materiais parecidos com o couro de maneira sustentável.

7.5 PROPRIEDADES DO BIOMATERIAL

As propriedades que o biomaterial apresenta vem da mistura dos resíduos do abacate com bioplástico. Conforme demonstra o estudo de Silva (2024) o biomaterial tem uma ótima flexibilidade, maleabilidade e resistência podendo substituir o couro sintético, isso acontece por conta que o bioplástico ajuda a deixar o material mais flexível enquanto os resíduos do abacate deixam o couro mais resistente. Nas suas propriedades físicas o couro tem uma baixa retenção de água o que é excelente para ter uma degradação mais lenta.

No resíduo do abacate se encontra elevada concentração de compostos fenólicos (242,9 mg/g em média ± 29,8 mg/g é a variação) que ajuda a dar cor/fixar corantes e faz com que o

material dure mais, pois faz com que ele não reaja tão rápido com o ambiente (ar, luz e água); O componente substituto ao couro animal aponta atividade antioxidante (em média CI50= 24,8 mg/L desvio padrão de 2,4 mg/L) o que ajuda quimicamente o material, porém estudos mostram uma inatividade antimicrobiana significativa. Camilla Citton Puccini (2023)

A partir da incorporação do cravo-da-índia, utilizando suas propriedades naturais para aumentar a atividade antimicrobiana do material e torná-lo mais resistente à proliferação de fungos e bactérias. O biomaterial apresentará uma biodegradabilidade, origem renovável e reaproveitamento de resíduos, o que diminui os impactos ambientais e ajuda em um meio mais ecológico, ele pode ser uma alternativa sustentável ao couro tradicional. Scherer *et al.* (2009)

7.6 BIOMATERIAIS E SINTÉTICOS: O QUE DEFINE O BIOMATERIAL?

Antes de iniciar as análises das alternativas de ensaios para o biomaterial, é necessário a correta nomenclatura do que é chamado de "couro vegano" em relação às suas diferenças ao couro de origem animal. Embora, o termo "couro vegano" seja comumente utilizado para referir a materiais de origem orgânica, sua nomenclatura é cientificamente impreciso e juridicamente vedada no território nacional pela **Lei n° 4.888/1995**, a qual explica que a denominação 'couro' é estritamente voltada para subprodutos de origem animal. Diante da visão da ciência e engenharia dos materiais, estruturas sintetizadas a partir de polímeros vegetais e reforços vegetais são classificados como biomateriais, biocompóstos ou compósitos fibrosos (MORAES *et al,* 2021; SILVA; SOUZA, 2023). Essa padronização é essencial para caracterizar o material em desenvolvimento, não como uma cópia de do couro animal, mas sim como um novo material.

Entre os principais substitutos sintéticos encontrados no mercado destacam-se o Poliuretano (PU), caracterizado por maior maciez e flexibilidade; o Policloreto de Vinila (PVC), que apresenta maior rigidez e aspecto plástico ; e as bases de PU à base de microfibra, conhecidas por sua alta resistência a rasgos e atrito. Esses são exemplos de biomateriais que foram criados visando a substituição do material que é disponibilizado usualmente. Entretanto, segundo a ONG *World Wide Fund for Nature* (2025 apud JORGE, 2025), materiais como o nome (PVC) e o poliuretano (PU) não se decompõem naturalmente e possuem baixo índice de reciclagem. Estes são construídos sobre uma base de plástico mas foram fabricados para imitar a aparência e o toque do couro. Eles são livres de testes em relação aos animais, mas ainda são produtos petroquímicos que vão contra ao que queremos, que seria uma opção sustentável e de baixo custo vindo de materiais que já seriam destinados à reciclagem.

7.7 USO DO CRAVO DA ÍNDIA COMO AGENTE ANTIMICROBIANO E MÉTODOS DE EXTRAÇÃO

A partir da produção do biomaterial, torna-se necessária a incorporação de um agente antimicrobiano capaz de aumentar sua resistência à proliferação de bactérias e fungos. Nesse contexto, optou-se pela utilização do extrato de cravo-da-índia (*Caryophyllus aromaticus L*), devido às suas propriedades biológicas e ao elevado potencial antimicrobiano. De acordo com Scherer *et al.* (2009), o óleo essencial do cravo-da-índia apresenta cerca de 83,75% de eugenol em sua composição, composto fenólico responsável por grande parte de sua atividade antimicrobiana. Segundo Oliveira e Abreu Filho (2012), o eugenol possui capacidade de inibir o crescimento de diversos microrganismos, atuando diretamente na membrana celular bacteriana e comprometendo sua integridade estrutural. Dessa forma, a utilização do extrato de cravo-da-índia no biomaterial pode contribuir para o aumento da estabilidade microbiológica do produto, além de representar uma alternativa natural e sustentável aos antimicrobianos sintéticos.

8 METODOLOGIA

Esta pesquisa é um trabalho experimental focado em utilizar os resíduos do abacate para criar um biomaterial que atue como um substituto do couro animal. Todo o processo será elaborado em laboratório sendo dividido em cinco etapas: extração do óleo essencial oriundo do cravo da índia, extração da celulose, extração do amido, produção e moldagem do biomaterial e por último as propriedades físico-químicas do material final. Os materiais para comparação dos aspectos físico-químicos serão baseados em trabalho de campo (falar com comerciantes locais que utilizam abacate como principal produto e obter os resíduos).

8.1 EXTRAÇÃO DA CELULOSE ATRAVÉS DA CASCA DO ABACATE

O isolamento da celulose da casca do abacate representa a primeira etapa da formulação do biomaterial. Para este procedimento, será seguido a metodologia de Barbash e Yashchenko (2020). O processo almeja obter uma matriz fibrosa purificada, essencial para garantir a estrutura do biomaterial. Serão utilizadas somente as cascas do abacate, que devem ser lavadas cuidadosamente em água em temperatura morna e secas em uma estufa a 50 °C por cerca de 48 h. Após estarem totalmente secas devem ser encaminhadas para a trituração realizadas a partir da utilização de um triturador ou liquidificador para obtenção da celulose, os resíduos da trituração devem passar por uma peneira sem especificação de malha, já que será usada apenas para separar pedaços grandes e restos que não serão utilizados para obter a celulose, durante as

etapas o material será mantido em estufa para evitar contaminação junto ao desperdício da matéria prima. O material será submetido à hidrólise ácida na proporção de 1:12 (pó:ácido), onde a proporção de ácido acético e peróxido de hidrogênio (30% v/v) com proporção volumétrica de 70:30, sendo conservado durante a noite a 95 °C para remoção da lignina. Posteriormente, a polpa restante passará por um processo de quebra da lignina presente no pó e encaminhada para um tratamento alcalino com solução de NaOH a 5% na proporção de 1:12 (pó:álcalino) por 3 h para obtenção de um extrato fibroso branco. Em seguida, o material será lavado várias vezes com água destilada para obter uma solução neutralizada, que será seca a 50 °C durante a noite. O extrato seco já totalmente homogeneizado, será peneirado em malha 60 mm e armazenado em frasco de vidro à temperatura ambiente para uso posterior. O extrato fibroso será obtido utilizando o protocolo descrito por Barbash e Yashchenko (2020), aplicando-se modificações metodológicas para adequação à biomassa do abacate. Essas adaptações no procedimento original justificam-se pela necessidade de adequar a cinética química a rigidez presente na casca do abacate que apresenta maior rigidez comparada a outras espécies de frutas. Por fim para o cálculo de rendimento da celulose será usada a equação padrão de rendimento, pela expressão Rendimento (%) = [(massa do produto seco obtido (g) / massa inicial da matéria prima(g))´] x100, a mesma equação vai ser utilizada para o rendimento do amido

8.2 EXTRAÇÃO DO AMIDO

A metodologia de extração e isolamento do amido do caroço de abacate foi conduzida por via úmida, de acordo com o protocolo estabelecido por Chel-Guerrero *et al*. (2016) e adaptado conforme as condições operacionais descritas por Ferreira *et al.* (2022)

Após a devida conservação do caroço em estufa, posterior a coleta e limpeza, o material deve passar por etapas específicas para obtenção do biopolímero (amido), realiza-se a moagem, etapa em que os caroços são cortados em pequenos pedaços e triturado com água destilada fria até se tornar uma suspensão fluída e homogênea. Em sequência, o resultado da etapa anterior será submetido a uma filtragem fina, onde será utilizado um filtro comum para separar as fibras insolúveis do líquido rico em amido. Esse líquido filtrado irá passar por um processo de decantação onde ele ficará em repouso por 2 a 4 h para que o amido no fundo do recipiente formando uma camada branca e densa. Por fim, ocorre a lavagem e secagem, onde a água restante da decantação é descartada, deixando apenas o amido no fundo do recipiente, o amido deve passar por uma lavagem com água destilada em seguida centrifugado para extrair toda a

água restante. O resultado desta etapa deve ser conservado em uma estufa a 45 ℃ para evitar a gelatinização acelerada do polímero. Concluída as etapas anteriores, mesmo com o amido já isolado é necessário usar a pectina como agente geleificante, criando uma ligação de hidrogênio que conectam as fibras da celulose na matriz de amido de forma muito mais firme, isso impede que o biomaterial não se torne um material sensível ao atrito. Para obter a pectina, o pó seco resultante da trituração do caroço deve ser submetido a uma hidrólise ácida onde o pó será misturado em água destilada, seu pH deve estar em uma faixa de 1,5 e 2,5 utilizando um ácido forte (como ácido clorídrico ou ácido cítrico concentrado), a solução deve permanecer sob agitação térmica a 80℃-90℃ por cerca de 60 a 90 minutos para hidrolisar as ligações protopectinas e liberar a pectina solúvel. Em decorrer a esse processo o resultado da hidrólise será submetido a uma filtragem a quente, para separar toda a matéria fibrosa insolúvel do líquido filtrado. Com a finalização desta etapa, o líquido deve ser resfriado e em seguida será adicionado etanol gelado (96%) em uma proporção 1:2 (uma parte de extrato para duas de álcool), a pectina irá flocular imediatamente resultando em uma massa gelatinosa. Por último, para recuperar a pectina, a massa deve ser lavada com etanol para purificação e conservar em temperatura ambiente até estar totalmente seca.

8.3 EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DO CRAVO-DA-ÍNDIA

O método mais utilizado para realizar a extração do óleo essencial do cravo-da-índia é o método de arraste a vapor. De acordo com Silva *et al*. (2014 *apud* CORRÊA; MELO; MARQUES, 2023), o sistema será montado com um balão de fundo redondo de 500 mL em uma manta aquecedora a 90-100 °C, com 300 mL de água destilada e pérolas de vidro (para promover uma ebulição uniforme no balão), essa vidraria estará conectada a outro balão de fundo redondo com 5mL de água e 20 g cravo-da-índia seco moído por meio de um tubo de conexão de vidro resistente ao calor. Este balão, por sua vez, estará ligado a um condensador onde passará o eugenol e água em uma mistura gasosa para um becker, onde será feito a coleta do óleo essencial e hidrolato (água com aromas de cravo-da-índia). Posteriormente será feita uma separação desses 2 componentes por decantação, utilizando um funil de decantação, afinal o óleo e o hidrolato formam diferentes fases.

8.4 PRODUÇÃO DE MOLDAGEM DO BIOMATERIAL

Após a obtenção da celulose da casca do abacate, do amido e da pectina extraídos do caroço, será realizada a produção do biomaterial A formulação será composta por 10 g de amido, 99,5 mL de água destilada, 3 g de fibras de celulose, 2 g de pectina e 4 mL de glicerina

vegetal (MOREIRA, 2010; SANTANA *et al.*, 2025).

Com o objetivo de investigar os efeitos do óleo essencial de cravo-da-índia sobre as características do biomaterial desenvolvido, serão elaboradas duas formulações distintas. A primeira corresponderá à amostra controle (A), preparada sem a incorporação do óleo essencial, enquanto a segunda será a amostra teste (B), formulada com a adição de 0,5 mL de óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*)

Inicialmente, o amido será misturado à água destilada e aquecido entre 70 °C e 80 °C sob agitação constante até a gelatinização. Em seguida, serão adicionadas as fibras de celulose, a pectina e a glicerina nas quantidades já descritas. Na amostra teste (B), também será incorporado o óleo essencial de cravo-da-índia, utilizado devido às suas propriedades antimicrobianas e antifúngicas (SILVA *et al*., 2019).

A mistura permanecerá sob aquecimento e agitação por aproximadamente 20 minutos até a obtenção de uma solução homogênea. Posteriormente, será despejada em moldes planos revestidos com material antiaderente, formando lâminas de tamanho a definir.

A moldagem será realizada enquanto o material ainda estiver úmido, permitindo o ajuste da espessura e da textura. As amostras serão secas em estufa a 45 °C por aproximadamente 24h ou em temperatura ambiente por até 48h (LEAL, 2023).

Após a secagem, os materiais serão retirados dos moldes e armazenados em local seco para posterior realização dos ensaios de permeabilidade, resistência química e flexibilidade, possibilitando a comparação entre a amostra controle e a amostra contendo óleo essencial de cravo-da-índia.

8.5 ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS

Os ensaios são essenciais no desenvolvimento do biomaterial tanto no processo de produção do material quanto para o couro animal, pois é estritamente essencial saber a qualidade e eficiência de duração contra fungos e bactérias junto aos testes de elasticidade e resistência do material. No projeto, as práticas para verificar as propriedades do material são necessárias para avaliar sua capacidade de substituir o couro animal.

As práticas serão realizadas com biomaterial produzido à base de abacate e seus resíduos, além disso também utilizaremos o couro convencional para fazer uma comparação entre os dois tecidos, iremos avaliar as seguintes propriedades: flexibilidade, permeabilidade e resistência química.

8.5.1 Permeabilidade

O teste consiste em preparar duas amostras do material produzido e o couro convencional, as duas peças irão receber algumas gotas de água para avaliar se a água é absorvida ou escorrida da amostra. Posteriormente será feito o teste quantitativo: Retirar e pesar amostras do couro previamente preparado. Em seguida, armazenar as amostras em um béquer contendo 200 mL de água destilada, permanecendo por 2 h à temperatura ambiente.

A porcentagem de massa úmida (U) das amostras é calculada em relação às massas das amostras secas, pela expressão: U = [(Pu-Ps) / Ps] x 100. Em que, Pu é a massa em gramas da amostra úmida e Ps é a massa em gramas da amostra seca. O cálculo percentual da absorção do material em relação a umidade foi calculado seguindo a metodologia proposta por SILVA, Rafaela *et al*. (2025)

8.5.2 Resistência química

Para avaliar a estabilidade e degradação do biomaterial, serão separadas duas amostras, uma delas será o couro animal em dimensões de 20x20cm e as mesmas medidas serão aplicadas ao biomaterial, as duas amostras (biomaterial e couro animal) irão ser submetidas a testes de lavagem utilizando agentes químicos de limpeza e sanitizantes domésticos, a escolha dos reagentes é baseada por representantes de produtos de limpeza mais conhecidos para higienização de peças têxteis. O ensaio consiste em na imersão das amostras em dimensões padronizadas em três soluções diferentes: solvente orgânicos (solução de etanol 70%), soluções de detergente neutro comercial e 1% de cloro ativo, nas quais as amostras permaneceram submersas a um tempo de lavagem comum (3 a 4 h). Por fim, as peças serão higienizadas com água destilada, secas em estufa até as massas estarem totalmente secas, com isso vamos avaliar a perda da massa em relação à massa inicial, além disso serão analisadas também mudanças físicas na aparência do biomaterial.

8.5.3 Flexibilidade e Tração

Assim como no ensaio anterior, novamente duas amostras com as mesmas medidas serão submetidas a um experimento para avaliarmos a eficiência do biomaterial em relação a sua flexibilidade e resistência à tração. Os ensaios serão realizados no equipamento Universal Testing Machine (UTM), disponível no nosso câmpus IFSC Jaraguá do Sul- Centro e Rau, onde ambas as amostras serão submetidas aos mesmos processos. A amostra deverá ser fixada com mordentes, e em seguida, deverá ser ajustado no software do computador o tipo de ensaio, neste caso, o de tração. Os sensores presentes no equipamento serão responsáveis por medirem a

força aplicada e deformação das amostras, o ensaio será finalizado quando a amostra se romper. Por fim, será feito uma comparação em relação ao tempo e força necessário que a amostra de couro convencional levou para rompimento, a amostra do biomaterial deve obter resultados semelhantes para ser avaliado como um possível substituto do couro.

8.6 ESPECTROSCOPIA DO INFRAVERMELHO

As análises por espectroscopia na região do infravermelho serão realizadas utilizando um espectrômetro de infravermelho pertencente ao Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Câmpus Jaraguá do Sul – Centro.

A espectroscopia na região do infravermelho será utilizada para analisar a composição química do biomaterial produzido. A técnica permitirá identificar os principais grupos funcionais presentes na amostra e verificar a presença dos componentes esperados, como a celulose, o amido, a pectina e os compostos provenientes do óleo essencial de cravo-da-índia. Além disso, a análise possibilitará avaliar possíveis interações entre esses constituintes, contribuindo para a caracterização estrutural do material obtido.

9 CRONOGRAMA

O cronograma foi elaborado para os semestres 2026.2 e 2027.1, contemplando as etapas de pesquisa, obtenção da matéria-prima, extração dos biopolímeros, produção do couro vegetal, realização dos testes físico-químicos e análise dos resultados. A distribuição das atividades visa garantir o desenvolvimento adequado do projeto e o cumprimento de seus objetivos. (como citado no quadro abaixo.)

Quadro 1

2026.2					
Meses	**Ago**	**Set**	**Out**	**Nov**	**Dec**
Revisão bibliográfica	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
obtenção dos resíduos	**X**	**X**			
Extração da celulose		**X**	**X**		
Extração do amido e da pectina			**X**	**X**	

Extração do óleo essencial do cravo-da-índia				**X**	**X**

(Autoria própria)

2027.1					
Meses	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**
Revisão bibliográfica	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Formulação e produção do couro vegetal	**X**				
Ensaios físico-químicos		**X**	**X**		
Comparação com couro convencional			**X**	**X**	
Redação do relatório final					**X**

REFERÊNCIAS

ABDALLA, Fernando Antônio; SAMPAIO, Antônio Carlos Freire. **Os novos princípios e conceitos inovadores da economia circular**. *Entorno Geográfico*, Cali, n. 15, p. 82–102, 2018. Disponível em: https://entornogeografico.univalle.edu.co/index.php/entornogeografico/article/view/6712/9054. Acesso em: 28 mai. 2026

ABRAFRUTAS. Produção paulista de abacate cresce mais de 8,5% em 2023. São Paulo: Abrafrutas, 2024. Disponível em: https://abrafrutas.org/2024/04/producao-paulista-de-abacate-cresce-mais-de-85-em-2023/#:~:text=Dados%20do%20IBGE%20relatam%20que%20apenas%201%2C9%20kg/ano%20%C3%A9%20consumido%20por%20brasileiros.&text=%E2%80%9CO%20consumo%20per%20capita%20de%20avocado%20e%20abacate%2C%20no%20Brasil%2C%20ainda%20%C3%A9%20muito. Acesso em: 22 abr. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil*. São Paulo: ABRELPE, 2023. Disponível em: https://abrelpe.org.br/panorama/. Acesso em: 24 mar. 2026.

BRASIL. Lei nº 4.888, de 9 de dezembro de 1965. Proíbe o emprego da palavra couro em produtos industrializados, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 dez. 1965. Seção 1, p. 12753. Disponível em: https://planalto.gov.br. Acesso em: 8 jun. 2026.

BARBASH, V.; YASHCHENKO, O. Preparação e aplicação de nanocelulose de plantas não lenhosas para melhorar a qualidade do papel e do cartão. Applied Nanoscience , v. 10, 2020. Disponível em: springer.com .

CECCHERINI, Bianca; SCAPIM, Mônica R. S.; LARROSA, Ana Paula Q. **Avaliação da biodegradabilidade de filmes constituídos por coprodutos de abacate**. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, Curitiba, v. 42, n. 1, 2024. DOI: 10.5380/bceppa.v42i1.94579. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/94579. Acesso em: 4 ago. 2026.

CORRÊA, Otávio Bernhardt; MELO, Aline Resmini; MARQUES, Carolina Resmini Melo. Análise de diferentes métodos de extração de óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*). *Revista Vincci – Periódico Científico da UniSATC*, v. 8, n. 2, p. 261-281, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.70185/2525-6025.2023.v8.333. Acesso em: 28 maio 2026.

COSTA, A. R. et al. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais sobre microrganismos de interesse industrial. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, Campinas, v. 23, n. 1, p. 1-10, 2021.

FALCÃO, Tiago Alcobia. **Estudo do potencial de aproveitamento do subproduto (caroço) da indústria transformadora do abacate**. 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2024. Disponível em: https://repositorio.ulisboa.pt/bitstreams/7fbc2e21-80dc-4298-ba9e-cc869cd5310c/download. Acesso em: 28 mai. 2026.

FERREIRA, S. et al. Development and characterization of starch films extracted from avocado (Persea americana mill) seeds. International Journal of Biological Macromolecules, v. 322, 2025.

Gia Yetikyel. *What is vegan leather?* Vogue UK, 6 abr. 2024. Disponível em: https://www.vogue.co.uk/article/what-is-vegan-leather. Acesso em: 27 abr. 2026.

JORGE, Marcia. Consultora questiona sustentabilidade do "couro vegano" e aponta impactos ambientais ocultos. ESG Inside, [s. l.], 22 jul. 2025. Disponível em: esginside.com.br.

HERMES, E.; PAVANELLI, G.; DE FREITAS, J. C.; ARANTES, E. J. *Fitorremediação de cromo trivalente por Eleocharis mutata em águas residuárias de curtume*. 2013. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Processos Ambientais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/6826/2/CM_COEAM_2013_1_18.pdf. Acesso em: 8 jun. 2026.

LEAL, Luís Antonio Absolon. *Protocolo para desenvolvimento de biocompósitos derivados de resíduos agroindustriais ricos em amido*. Francisco Beltrão: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2023.

LENNON, Seane. **Brasil é o 7º maior produtor de abacate do mundo.** *Agrolink* 21 ago. 2025. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/brasil-e-o-7--maior-produtor-de-abacate-do-mundo_505182.html. Acesso em: 26 abr. 2026.

MARSEREAU, Teresa. **The Environmental Impact of Avocados: From Farm to Table.** *Impactful Ninja.* Disponível em: https://impactful.ninja/the-environmental-impact-of-avocados/. Acesso em 26 abr. 2026.

MORAES, Ana Silva de et al. Desenvolvimento e caracterização de biocompósitos estruturados à base de amido. Revista Brasileira de Engenharia de Materiais, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 45-58, 2021.

MOREIRA, D. M. et al. Enhanced recovery of antioxidant compounds from avocado pomace using ultrasound-assisted extraction systems. *Sustainable Food Technology*, v. 4, p. 1813–1820, 2026. Disponível em:https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2026/fb/d5fb00837 Acesso em: 27 abr. 2026.

NASCIMENTO, A. P. S. et al. Bioactive compounds, technological advances, and sustainable applications of avocado (*Persea americana* Mill.): a critical review. *Foods*, v. 14, n. 15, p. 2746, 2025. Disponível em:https://www.mdpi.com/2076-3921/14/9/1032 Acesso em: 27 abr. 2026.

OLIVEIRA, Juliana Guerra de; ABREU FILHO, Benício Alves de. **Propriedade antimicrobiana do eugenol frente às amostras de Alicyclobacillus spp. isoladas de suco de laranja**. São Paulo: Revista do Instituto Adolfo Lutz (Rial), 2012. Disponível em: https://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/10/rial71_2_completa/1483.pdf. Acesso em: 11 maio 2026.

PESQUISA DO IBOPE APONTA CRESCIMENTO HISTÓRICO NO NðMERO DE VEGETARIANOS NO BRASIL. São Paulo: Svb, 22 set. 2022. Diária. Disponível em: https://svb.org.br/2469-pesquisa-do-ibope-aponta-crescimento-historico-no-numero-de-vegetarianos-no-brasil/. Acesso em: 24 mar. 2026.

PREARO, Barbara de Carvalho Herrero; ZANARDI, Maria Eduarda Turco. *Couro vegetal de manga*. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Têxtil e Moda) — Faculdade de Tecnologia de Americana "Ministro Ralph Biasi", Americana, 2024. Disponível em: RIC-CPS. Acesso em: 24 maio 2026.

SANTANA, Izabel Melo de et al. Preparação e caracterização de bioplástico de amido extraído de sementes de resíduos agroindustriais. *Scientia Plena*, v. 21, n. 8, 2025.

SCHERER *et al*. **Composição e atividades antioxidante e antimicrobiana dos óleos essenciais de cravo-da-índia, citronela e palmarosa**. Botucatu: Revista Brasileira de Plantas Medicinais (Rbpm), Vinculada à Sociedade Brasileira de Plantas Medicinais., 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbpm/a/vS9Lhw4hkg8yJK6yn5HT5qC/?lang=pt&format=pdf. Acesso em: 11 maio 2026.

SILVA, R. A. et al. Potencial antimicrobiano do óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*). *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 5, n. 10, p. 19084-19095, 2019.

SILVA, João Carlos; SOUZA, Mariana. Biomateriais e compósitos fibrosos como alternativas sustentáveis aos polímeros fósseis. Estudos em Design e Sustentabilidade, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 102-115, 2023.

SILVA NETO, Ana Laura da *et al*. Desenvolvimento de couro vegano: visando a sustentabilidade ambiental. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Técnico em Biotecnologia) – Escola Técnica Estadual Professor Carmelino Corrêa Júnior, Centro Paula Souza, Franca, 2021. Disponível em: cps.sp.gov.br. Acesso em: 6 ago. 2026.

TIC – CENTRO TECNOLÓGICO DAS INDÚSTRIAS DO COURO. *Processo de fabrico do couro*. Alcanena, Portugal, [s.d.]. Disponível em: CTIC. Acesso em: 8 maio 2026.