



**CENTRO TECNOLÓGICO FREDERICO JORGE LOGEMANN**

**TECIDEÍNA: POLÍMERO E FIO BIODEGRADÁVEIS A PARTIR DE PROTEÍNA  
EXTRAÍDA DO LEITE IMPRÓPRIO AO CONSUMO HUMANO, FASE II**

**Horizontina- RS**

**2023**



Alana Taís Haezel  
Gabrielle Mariáh Lewandovski

Nome do orientador: Diane Raquel Zientarski  
Nome do Coorientador: Augusto Cesar Huppes da Silva  
Nome do Coorientador: Lusiane Cristiana Ziemann Tolomini

**TECIDEÍNA: POLÍMERO E FIO BIODEGRADÁVEIS A PARTIR DE PROTEÍNA  
EXTRAÍDA DO LEITE IMPRÓPRIO AO CONSUMO HUMANO, FASE II**

Relatório apresentado à 7ª FEMIC - Feira Mineira de Iniciação Científica.

Orientação da Profa. Diane Raquel Zientarski e coorientação de Augusto Cesar Huppes da Silva e Lusiane Cristiana Ziemann Tolomini.

**Horizontina- RS**

**2023**



## RESUMO

Em virtude de o Rio Grande do Sul ser o terceiro estado na produção leiteira no Brasil, e uma quantidade significativa de leite ser descartada por ser impróprio para o consumo humano, os produtores rurais são prejudicados economicamente, e simultaneamente o meio ambiente enfrenta as consequências da poluição causada através do descarte incorreto do mesmo. Aliando-se isto a outros setores que também causam grandes impactos ambientais, como o setor têxtil e de plástico, vislumbrou-se uma oportunidade de buscar minimizar estes ao produzir um fio e polímero biodegradável tendo como principal matéria prima a caseína. Na primeira fase do projeto, através de experimentos foi possível produzir um fio, porém o mesmo necessitou de modificações para manter as características essenciais para que possa aplicar aos setores mencionados. Desta forma agregou-se compostos naturais para conferir durabilidade e maleabilidade, obtendo-se resultados de experimentos e testes que ao longo do relatório serão apresentados. Além disto, ao se analisar a questão da perda de renda dos produtores rurais em virtude do descarte do leite impróprio ao consumo humano, buscou-se alternativas para que através da matéria prima fornecida, possa-se trabalhar seguindo os princípios de uma economia circular. Assim sendo, o presente trabalho se vale de uma metodologia de pesquisa bibliográfica e posterior experimentação e testes laboratoriais, tendo como principal objetivo desenvolver um fio e bioplástico biodegradáveis, que tenham maleabilidade, resistência, textura e outras características necessárias para ser aplicado no setor industrial. Assim sendo, a continuidade deste projeto em fase II, justifica-se na necessidade de testes e experimentos para aperfeiçoamento deste fio e polímero, e por fim no pensamento de um planeta mais sustentável e ecologicamente correto, amenizando os impactos negativos já citados.

**Palavras-chave:** Proteína Caseína. Fio. Bioplástico. Biodegradável.



## LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – RESISTÊNCIA E RUPTURA.	27
TABELA 02 – TESTES TÉRMICOS NO FIO.	28
TABELA 03 – TESTES DE CINZAS NO FIO.	30
TABELA 04 – TESTES DE CINZAS NO PLÁSTICO.	34
TABELA 05 – OBTENÇÃO DOS VALORES DAS DENSIDADES	36



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – COAGULAÇÃO DA CASEÍNA.	16
FIGURA 02 – FÓRMULA ESTRUTURAL DA CASEÍNA.	16
FIGURA 03– ETAPAS REALIZADAS PARA OBTER-SE UM FIO A PARTIR DA CASEÍNA COM CERA.	23
FIGURA 04 – FIOS EM TESTE DE DECOMPOSIÇÃO.	25
FIGURA 05 – FIOS EM DECOMPOSIÇÃO.	25
FIGURA 06- PIGMENTAÇÃO ADICIONADA	26
FIGURA 07- TESTES DE RESISTÊNCIA E RUPTURA	27
FIGURA 08- QUANTIDADE UTILIZADA DE FIO ( 1,0961G) E A MASSA DO CADINHO ( 34, 0843G)	29
FIGURA 09- MASSA DO CADINHO QUE CONTINHA O FIO	29
FIGURA 10- MALHA DE TECIDO PLANO	30
FIGURA 11- DIFERENÇAS ENTRE OS POLÍMEROS DE CASEÍNA E MISTURA CASEÍNA E CERA	32
FIGURA 12- QUANTIDADE UTILIZADA DE GALALITE PARA O TESTE DE CINZAS ( 1,1702G) E A MASSA DO CADINHO ( 35, 1772G)	32
FIGURA 13- COLORAÇÃO DAS AMOSTRAS APÓS PASSAGEM NA MUFLA	33
FIGURA 14- MASSA DO CADINHO QUE CONTINHA O PLÁSTICO	33
FIGURA 15- AMOSTRAS DE PLÁSTICO DE DIFERENTES TAMANHOS PARA O TESTE, DENOMINADAS A, B, C, D E E, RESPECTIVAMENTE	34
FIGURA 16- MASSA DA MOSTRA A, B E C, RESPECTIVAMENTE	35
FIGURA 17- MASSA DA MOSTRA D E E, RESPECTIVAMENTE	35
FIGURA 18- MATERIAL VISTO EM MICROSCÓPIO	36
FIGURA 19- TESTES DE RESISTÊNCIA NOS POLÍMEROS	37
FIGURA 20- PEÇAS EM TESTES TÉRMICOS	38
FIGURA 19- PEÇAS DE LEGO FEITAS COM GALALITE	39
FIGURA 20- RESULTADO OBTIDO REFERENTE A PORCENTAGEM MENSAL DE DESCARTE DE LEITE	40
FIGURA 21- RESULTADO OBTIDO REFERENTE A ACEITAÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR	41



## SUMÁRIO

Introdução	8
2 Justificativa	10
3 Objetivos	11
3.1 Objetivo Geral.....	11
3.2 Objetivos específicos .....	13
4 Revisão da literatura	12
4.1 Impactos Ambientais causados pela produção de leite .....	12
4.2 Os impactos ambientais causados pelo setor calçadista.....	13
4.3 Os impactos ambientais causados pelo descarte incorreto de tecidos .....	13
4.4 Tecidos Biodegradáveis .....	13
4.5 Tecido feito a partir da caseína.....	14
4.6 Caseína x Nylon.....	15
4.7 Impactos ambientais causados pelo descarte incorreto de resíduos plásticos .....	15
4.8 Galalite .....	17
4.9 Objetivos de desenvolvimento sustentável.....	17
5 Metodologia e desenvolvimento	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
5.1 Métodos e técnicas utilizados .....	20
5.1.1 Como extrair a proteína caseína do leite de vaca:	20
5.1.2 Tentativas de obter o fio:	21
5.1.3 Tentativas de obter o polímero:	21
5.2 Materiais e Equipamentos.....	22
6 Resultados e discussões	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.1 Resultados em fase I.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.2 Obtenção do fio agregando-se outros elementos e testes no mesmo .....	24
6.2.1 Teste de decomposição do fio	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.2.2 Teste de pigmentação no fio	26
6.2.3 Teste de resistência do fio	26
6.2.4 Testes térmicos feitos no fio	28
6.2.5 Teste de cinza no fio de caseína+ cera	29
6.2.6 Malha de tecido plano feito com o fio	30
6.3 Polímero de caseína e testes no mesmo.....	31
6.3.1 Testes nos polímeros + ceras:	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.3.2 Teste de cinzas no polímero:	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.3.3 Teste de densidade no polímero:	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.3.4 Análise microscópica feita no polímero:	<b>Erro! Indicador não definido.</b>



6.3.5	Testes iniciais de resistência no polímero	37
6.3.6	Teste térmico no polímero	38
6.3.5	Teste de cromatografia no polímero	39
6.3.6	Produção de peças com o polímero	39
6.4	Economia Circular.....	40
Considerações Finais		<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Referencias Bibliográficas		<b>Erro! Indicador não definido.</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O presente projeto de pesquisa refere-se à proposta de uma solução para reduzir o efeito negativo das atividades da indústria têxtil, láctea e de plásticos, tendo como principal objetivo fabricar, a partir da sustentabilidade, um fio para tecido biodegradável, além de um polímero para que possam evitar o desperdício e diminuir a continuidade destes fatores que causam impactos extremamente prejudiciais ao planeta Terra. Para tal, parte-se da busca pela extração da proteína caseína, que se faz presente no leite de vaca, salientando-se que é utilizado o lácteo que é impróprio ao consumo humano, com o qual, posteriormente, cria-se uma mistura em forma de pasta para alcançar os objetivos já citados.

Ademais, este projeto busca contribuir com as ações da ONU (Organização das Nações Unidas) que busca, em parceria com 193 Estados membros, atingir as metas da ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) até o ano de 2030. Considerando a relevância de tais metas para a sustentabilidade do planeta, a iniciativa desta pesquisa objetiva a consonância com o 12º objetivo, que estimula o “Consumo e produções sustentáveis”. Tal meta está focada na promoção de recursos sustentáveis ligados diretamente à indústria, com vistas à prevenção de resíduos por meio da redução, reciclagem e reutilização – princípios de “economia circular”, na qual os recursos não são desperdiçados.

Dessa forma, todas as iniciativas ligadas a esta meta, buscam utilizar o uso eficiente de recursos naturais, fazendo-se valer da redução do desperdício de alimentos, através da reciclagem e reuso de materiais, bem como incentivar empresas a adotar práticas sustentáveis para garantir um estilo de vida harmonioso com a natureza e, este é o propósito da presente pesquisa. Visando favorecer este quesito e, aliando-se ao setor da moda e calçadista, o trabalho busca formas alternativas para a produção de artigos que sejam ecologicamente corretos e não tenham impacto negativo no meio ambiente. Na mesma proporção, com o olhar focado na economia circular, observa-se que a região noroeste do estado do Rio Grande do Sul apresenta uma produção de leite e também uma indústria láctea fortemente ligadas à economia de famílias rurais e que, neste reduto, encontra-se uma fonte abundante de matéria prima, uma vez que, na produção de laticínios, verifica-se que há um significativo desperdício de leite que ocorrem em virtude da alta acidez do mesmo, de tratamentos medicamentosos feitos nos animais, problemas com resfriamento e que ocasionam o consumo impróprio para o ser humano. Esse leite de



descarte, torna-se a matéria fundamental para a produção do fio e do bioplástico, com efeito, pode reverter em renda ao produtor.

Diante de tais argumentos, reafirma-se a premissa da pesquisa buscar formas de obter um polímero e um fio que mantenha sua maleabilidade e características e que possa ser aplicado nas indústrias têxteis e de plásticos, dentre outras, através da extração da caseína, se fazendo valer da química verde, a qual, agregada a outros compostos também biodegradáveis, possam reduzir os efeitos nocivos a natureza, e por fim verificar a aplicabilidade destes no ramo industrial.



## 2 JUSTIFICATIVA

Atualmente a ONU (Organização das Nações Unidas) busca, em parceria com 193 Estados membros, atingir as metas da ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) até o ano de 2030, dentro destas metas, este projeto encaixa-se no 12º objetivo: “Consumo e produções sustentáveis”, que busca utilizar o uso eficiente de recursos naturais, fazendo-se valer da redução do desperdício de alimentos, através da reciclagem e reuso de materiais, bem como incentivar empresas a adotar práticas sustentáveis para garantir um estilo de vida harmonioso com a natureza.

Visando-se ajudar neste quesito e aliando-se ao setor da moda e calçadista, o presente projeto de pesquisa busca formas alternativas para a produção de produtos que sejam ecologicamente corretos e não tenham impacto negativo no meio ambiente, visto que visto que conforme informações de Luz, a indústria da moda é a segunda mais poluidora, perdendo apenas para a indústria petrolífera, e com projeções de um aumento de 60% a mais de descarte de lixo têxtil para os próximos anos. Apesar de o setor calçadista não poluir tanto quanto a indústria têxtil, há impactos negativos deste, principalmente da indústria coureiro calçadista, onde o Rio Grande do Sul é o maior produtor do Brasil.

Associando-se isso ao que já foi demonstrado no ano anterior quanto aos impactos negativos da produção leiteira e o grande volume de descarte de leite impróprio para o consumo humano, vislumbrou-se a possibilidade de buscar alternativas para minimizar estes impactos nos setores da indústria têxtil, láctea e de plásticos, através da produção de um fio e polímero biodegradável, tendo como componente principal a caseína, que é uma proteína encontrada no leite. Vale ressaltar que o leite utilizado é o que é impróprio ao consumo humano, este que seria descartado e que assim gera também perdas financeiras aos produtores rurais.

Assim sendo, a continuidade deste projeto em fase II, onde busca-se formas de obter um fio que mantenha sua maleabilidade e características, bem como de um polímero natural que possa ser aplicado nas indústrias têxteis e outras justifica-se na necessidade do pensamento de um planeta mais sustentável e ecologicamente correto, assim amenizando os impactos negativos já citados.



### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo geral

O projeto parte do objetivo geral que é desenvolver um fio e plástico biodegradável que tenha resistência, textura e outras características necessárias para ser aplicado na indústria.

#### 3.2 Objetivos específicos

- Testar formas diferenciadas e sustentáveis para extração da caseína do leite impróprio para o consumo humano;
- Extrair caseína de leite oriundo de vacas que tiveram bezerras, vacas em tratamento com medicamentos, leite muito ácido;
- Mesclar outros componentes biodegradáveis e naturais a caseína para produção de um fio com maior maleabilidade, durabilidade e resistência;
- Realizar experimentos para verificação de resultados obtidos através da mescla de combinações;
- Fazer testes para verificar a impedância do fio, reação ao tempo de decomposição e solubilidade ao meio aquoso, teste de afinidade com pigmentos, elasticidade, resistência e tração e estabilidade térmica;
- Produzir peças de artesanato e outros com o fio obtido;
- Realizar experimentos com a adição de outros compostos a caseína para produzir um polímero natural;
- Fazer testes no polímero para verificar a reação ao tempo de decomposição e solubilidade ao meio aquoso, teste de afinidade com pigmentos, resistência e estabilidade térmica;
- Verificar a viabilidade de introduzir uma economia circular entre produtores rurais e a fabricação de produtos a partir da caseína, como componente principal para o fio biodegradável e o polímero natural.



## 4 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão bibliográfica deste projeto de pesquisa busca agregar informações relevantes acerca da produção leiteira, os impactos ambientais causados pela indústria têxtil, calçadista e de plásticos, além de buscar informações sobre tecidos e polímeros biodegradáveis e qual as características de alguns materiais utilizados, como a cera de abelha e a cera de carnaúba.

### *4.1 Impactos Ambientais causados pela produção de leite*

Com olhar ao setor lácteo, onde o Brasil ocupa a terceira posição mundial, ressalta-se uma pesquisa realizada por Nardi et al, (apud Canziani 2003, p.06):

“desde 1990 vem ocorrendo uma modernização no sistema agroindustrial de produção do leite no Brasil, porém, não houve uma difusão positiva destas mudanças para todos os envolvidos na cadeia produtiva, pois observa-se um controle absoluto das grandes cooperativas, sobretudo das multinacionais, em função dos pequenos laticínios. Os produtores que não se enquadram e não de adéquam às novas exigências dessas empresas são desconsiderados. Esse fato mostra-se preocupante e digno de atenção especial, pois, o leite constitui uma complementação de renda fundamental aos pequenos produtores rurais.

Ainda conforme o mesmo autor, ao mesmo tempo em que a atividade leiteira precisa ganhar espaço e profissionalismo, principalmente por ser uma fonte de renda da agricultura familiar, a sustentabilidade precisa estar presente nesta atividade. Para a EMBRAPA, a atividade leiteira nos estabelecimentos familiares é estratégica como fonte regular de renda no campo, muitas vezes associada à produção de grãos.

Para Gonçalves e Araripe (2002), especificamente na pecuária leiteira, além dos resíduos de ordenha e do esterco produzido, temos ainda o problema da destinação das embalagens dos produtos utilizados no dia a dia das fazendas, como as de defensivos agrícolas, desinfetantes, sacaria de adubos e concentrados, recipientes de medicamentos e outros. Para Carneiro e Cruz, os prejuízos ambientais são ainda maiores quando esses resíduos orgânicos são arrastados para os cursos d'água, pois possuem alta DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), reduzindo o teor de oxigênio da água.

Tendo o Brasil como terceiro maior produtor mundial de leite, e que muitas vezes as práticas da produção leiteira trazem muitos impactos negativos ao meio ambiente, percebe-se a necessidade de buscar alternativas para reduzir estes impactos. Dentro deste contexto busca-se uma alternativa para a utilização do leite impróprio para o consumo humano, visto que este muitas vezes vai parar em riachos e outros.



#### *4.2 Os impactos ambientais causados pelo setor calçadista*

Conforme o site *insectashoes*, a indústria calçadista também gera resíduos industriais, como lodos de estações de tratamento de efluentes, cromo (utilizado no curtimento do couro), enxofre, cloro e outros compostos altamente solúveis quando jogados (ilegalmente) na água.

Para o setor calçadista o couro é um dos principais materiais a ser utilizado, Alves e Barbosa (2013) apud Cassano:

Na produção do couro, são gerados efluentes líquidos, resíduos sólidos e emissões atmosféricas. Entre esses poluentes, estão presentes compostos orgânicos e inorgânicos. Os compostos orgânicos constituem-se de componentes proteicos e lipídicos, provenientes das peles dos animais, que perdem cerca de 30% de matéria orgânica durante o processamento, de acordo com estudos realizados. Os compostos inorgânicos provêm de produtos químicos que não foram completamente fixados pelas peles durante o processamento.

Ainda de acordo com os mesmos autores, o processamento de 1000 kg de pele salgada gera somente 200 a 250 kg de couros acabados, o que equivale a 22,5% de rendimento médio do processo, gerando cerca de 600 kg de resíduos sólidos, o que demonstra um potencial poluidor significativo da geração de resíduos sólidos na produção de couros.

#### *4.3 Os impactos ambientais causados pelo descarte incorreto de tecidos*

Segundo Meira (2022), informações da Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT), mostram que o segmento de produção de tecidos e derivados vem apresentando um número significativo e ascendente em suas demandas. A facilidade de realizar compras no mundo digital, é um dos fatores que vem contribuindo para o aumento de consumo do setor têxtil que, por sua vez, vem sentindo os impactos positivos nas vendas.

Meira ainda aponta dados da ABIT, atualizados em fevereiro deste ano (2022), o faturamento da cadeia têxtil e de confecção atingiu o número de R\$ 161 bilhões em 2020, sendo US\$ 1,06 bilhão em exportações. No entanto, embora este cenário seja visto positivamente pela economia, o descarte inadequado de tecidos vem causando danos elevados ao meio ambiente. Tais como mudanças climáticas, poluição química, efeitos prejudiciais à saúde humana (em caso de incineração) devido às tinturas e outros químicos adicionados aos tecidos etc.

#### *4.4 Tecidos Biodegradáveis*

Atualmente a indústria têxtil tem um grande impacto no meio ambiente, pois os padrões ditados pela indústria da moda e pela mídia influencia os consumidores, fazendo com



que se tenha uma alta rotatividade de peças de roupas, chamada de fast fashion, causando sérios impactos ambientais nocivos.

Segundo Moser, com o intenso crescimento da fabricação têxtil, o mundo está cada vez mais propício a ser refém da poluição. Entretanto, ao fabricar novos produtos para atender as necessidades dos consumidores, as empresas utilizam recursos, ocasionando impactos ambientais que podem ser irreversíveis.

Conforme o site Glamour (2019), com tanto lixo sendo gerado e permanecendo por um longo período contaminando a natureza, a indústria da moda percebeu a necessidade de buscar práticas menos nocivas. E é nesse cenário de encontrar alternativas, que os olhos do mercado se voltam para os tecidos biodegradáveis. Ainda conforme o mesmo site:

O tecido biodegradável pode ser feito de matéria-prima natural (vegetal e animal) ou de fibras artificiais com base natural, como as que são produzidas a partir da celulose. Hoje, existe ainda a fibra sintética biodegradável, que é quimicamente alterada para se decompor mais rápido. A diferença dessas opções para um material têxtil comum, é o tempo de degradação, bem menor (pode chegar a poucas semanas). Atenção: para um tecido ser considerado biodegradável, ele deve passar por certificações que comprovem esses pré-requisitos necessários.

O fast fashion tem grande impacto ambiental, o que faz com que seja necessária uma mudança de postura da indústria para amenizar estes, para isto surge novas ideias que vem revolucionando, dentre estas ideias surge uma estilista na Alemanha, Anke Domaske, que conseguiu produzir um tecido através da caseína, uma proteína encontrada no leite, além de Anke, segundo Morice, a estilista Antonella Bellina tem transformado resíduos de leite em tecido e produzido tecidos semelhantes a seda.

#### *4.5 Tecido feito a partir da caseína*

Dentro deste contexto de tecidos biodegradáveis surge alternativas que envolvem uma proteína encontrada no leite, a caseína, de acordo com Cunha (2017),

a fibra de leite pertence a uma classe de base biológica, fibras sintéticas conhecidas como fibras de proteínas regeneradas. É feita a partir da caseína, proteína que pode ser separada do leite azedo. A caseína é dissolvida numa solução e em seguida forçada através de uma fiera – um dispositivo que se assemelha a uma cabeça de chuveiro – para produzir fios longos, que são então esticados, aquecidos e quimicamente tratados para aumentar a sua resistência e estabilidade.

Em uma pesquisa realizada por Maraschin (2016), outra substância que começa a ser explorada no setor têxtil é a caseína, a proteína do leite, da qual pode-se obter um tecido ideal para a fabricação de camisetas e peças íntimas.



Utilizar peças feitas a partir do leite pode ser uma alternativa, porém deve-se ter o cuidado de produzir peças ecologicamente corretas, Maraschin explica processos nos quais para a produção de fios utiliza-se a caseína (2016):

Na Università Statale di Milano, a caseína é tratada com soda aquecida e assim se polimeriza, formando verdadeiras fibras estáveis que podem ser entrelaçadas sozinhas ou juntamente com a seda, o algodão ou caxemira. Na Itália, um exemplo da aplicação do leite na indústria têxtil é a linha de camisetas chamada Milk Wear, lançada em junho do ano passado (2015) e distribuída pelo Woolgroup. Para produzi-las, inicialmente o leite é desidratado e desnatado. Em seguida, graças a modernas técnicas de bioengenharia, é utilizado também para a tecelagem. O resultado final é uma fibra com uma capacidade de absorção da umidade superior àquela típica das fibras sintéticas. Atualmente, o preço médio de uma camiseta da marca Milk Wear está por volta de 84 euros.

Observa-se através das pesquisas realizadas que a caseína já vem sendo utilizada na produção de fios, porém em sua grande maioria, ainda de forma não sustentável, ao fazer-se uso de materiais que são tóxicos como a soda ou o formol.

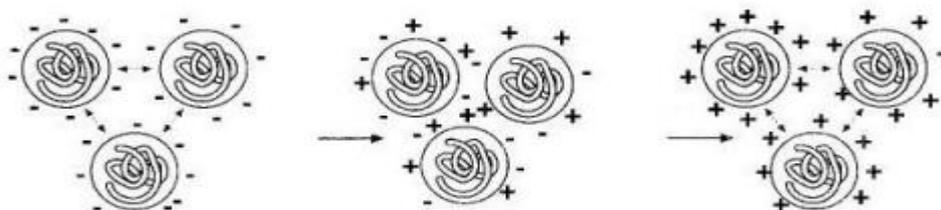
#### 4.6 Caseína x Nylon

Atualmente há polímeros que podem ser classificados como naturais, como os produzidos com a caseína, seda, látex e outros. Também há os sintéticos que podem ser produzidos com polietileno, nylon, acrílico, etc.

Dentro deste contexto, destaca-se que atualmente, diversas roupas são feitas com nylon, um polímero feito em laboratório, no qual, de acordo com o site Nelsonfq (2016), são produzidos anualmente cerca de dois milhões de toneladas de ácido adípico para o fabrico do *nylon*. O ácido adípico é feito a partir do benzeno, um carcinogénio, libertando-se para a atmosfera cerca de 10% do gás responsável pelo efeito de estufa, o ácido nitroso.

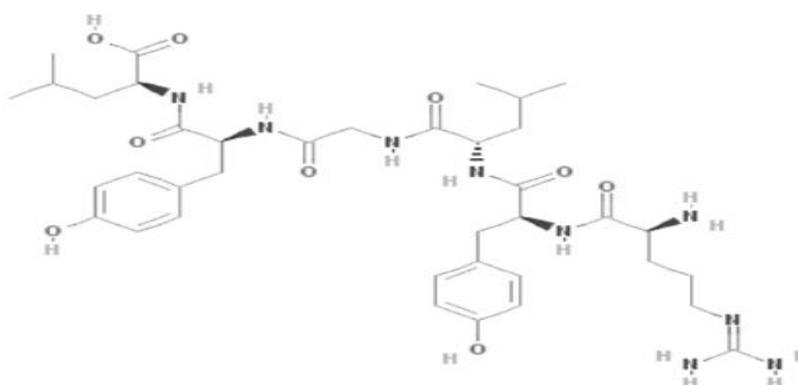
Barbosa destaca que a principal proteína existente no leite fresco é a caseína, uma fosfoproteína que se encontra na forma de sal de cálcio coloidal. É formada de micelas, que junto com a gordura, resultam na cor branca do leite. Ainda conforme a autora, no leite, a caseína se encontra na forma de polímeros, ou seja, várias cadeias peptídicas unidas, cada cadeia com peso molecular de aproximadamente 20.000. A caseína é precipitada não só pela renina, mas também por ácidos, mas não coagula pelo calor. Desta forma, para que ocorra a coagulação se faz necessário a redução do pH, fazendo com que a parte mais externa, k- caseína, se solta, o que faz com se torne instável eletricamente, como pode ser observado na figura.

**Figura 1 – Coagulação da caseína**



Fonte: Carvalho e Licco ( apud Beux) ( 2017).

**Figura 2 – Fórmula Estrutural da Caseína**



Fonte: Cagliari, João Vitor (2016).

#### 4.7 Os Impactos ambientais causados pelo descarte incorreto de resíduos plásticos

A poluição plástica, apontada por Parker (2019), tornou-se uma das questões ambientais mais prementes, uma vez que o rápido aumento da produção de produtos plásticos descartáveis supera a capacidade mundial de lidar com eles.

De acordo com Salamoni et al (epud Piva e Wiebeck, 2004, p.4), no processo de industrialização do plástico, torna-se imprescindível à valorização e reciclagem dos resíduos dos polímeros, uma vez que seu processo de decomposição natural é longo e crítico ao equilíbrio ecológico.

Segundo um relatório gerado pela WWF (2019),

Os impactos diretos estão relacionados a não regulamentação global do tratamento de resíduos de plástico, ingestão de micro e nanoplásticos (invisível aos olhos) e contaminação do solo com resíduos. A queima ou incineração do plástico pode liberar na atmosfera gases tóxicos, alógenos e dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre, extremamente prejudiciais à saúde humana. O descarte ao ar livre também polui aquíferos, corpos d'água e reservatórios, provocando aumento de problemas respiratórios, doenças cardíacas e danos ao sistema nervoso de pessoas expostas.



#### 4.8 Galalite

Conforme Glenn, galalite é um material plástico sintético fabricado pela interação de caseína (proteína do leite) e o formaldeído (substância tóxica). Por ser produzido a partir de matéria-prima renovável é considerado um bioplástico, tendo basicamente as mesmas propriedades dos plásticos derivados do petróleo. O nome comercial vem das palavras gregas *gala* (leite) e *lithos* (pedra). É inodoro, insolúvel em água, biodegradável, não alergênico, antiestático e praticamente não inflamável.

De acordo com Lessa (2008), a galalite foi patenteada na Alemanha em 1899 por Spitteler e Krische, mas só produzida industrialmente a partir de 1904, a galalite, conhecido pelo nome científico caseína formaldeído, baseado na proteína caseína, extraída do leite de vaca, é um material que pode apresentar níveis diferentes de plasticidade.

Para a produção da galalite, utiliza-se substâncias ácidas que fazem com que a proteína caseína se aglutine, virando uma massa, que pode ser moldada ou extrusada. Ainda conforme o mesmo autor, as pré-formas eram então mergulhadas em um banho de formol por períodos de semanas ou meses, dependendo da espessura dos objetos. Lentamente, as moléculas poliméricas da proteína se reticulavam, formando um material sólido que podia então ser cortado, usinado, termoformado e polido. O processo de obtenção do material era lento, tóxico e poluente, tendo sido utilizado principalmente na Europa.

#### 4.9 Objetivos de desenvolvimento sustentável

Um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), criados pela ONU é o de consumo e produção responsáveis, onde deve-se assegurar padrões de produção e consumos sustentáveis, no qual este projeto em desenvolvimento está embasado, uma vez que pode-se reduzir a produção de resíduos através da reciclagem e reuso do leite impróprio ao consumo humano e da cera de abelha, e também pode-se citar as ODS contidas no site [ipea.gov](http://ipea.gov):

12.4: Até 2020, alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente.

12.6 Incentivar as empresas, especialmente as empresas grandes e transnacionais, a adotar práticas sustentáveis e a integrar informações de sustentabilidade em seu ciclo de relatórios”



Para o Brasil além das metas contidas na ODS 12.4 e 12.6 acrescentou-se ainda a meta que visa trabalhar com a redução do desperdício de alimentos, principalmente na cadeia produtiva e abastecimento.

Atualmente, a maioria da população pratica uma economia linear, isto é, a venda de produtos, o uso destes por certo tempo e o descarte dos mesmos depois, um processo que ocorre sempre de maneira contínua. No qual, nota-se que esta contribui para a alta demanda de consumo de matérias-primas e também para o alto índice de descarte de artefatos produzidos, que por muitas vezes dirigem-se para a natureza causando muitos malefícios. E para tentar amenizar estes surge a economia circular, que busca o prolongamento da vida útil dos recursos.

Pensando nisto e na reutilização do leite impróprio ao consumo humano bem como o óleo reciclado e a cera de abelha, pode-se vislumbrar que a ODS 12 tem grande influência neste projeto, uma vez que o Brasil tem como meta até 2030 trabalhar para a redução substancial da geração de resíduos através da Economia Circular, com a prevenção, redução, reciclagem e reutilização de resíduos. Como apontado por Fontgalland (2022), os produtos não são descartados, ao invés, o seu valor econômico e ambiental são (re)incorporados, retidos e (re)valorados, durante o maior tempo possível num sistema de ciclo fechado. Isto é conseguido através, por exemplo, da re-utilização, da re-paração e da re-fabricação de produtos, ou reciclagem.

Através da Economia Circular, percebe-se a extrema importância que a mesma pode trazer ao meio ambiente, pois com ela, é possível ter-se práticas mais sustentáveis, como a implementação do prolongamento da vida útil dos recursos e produtos, além da atuação da política dos 3Rs: “Reduzir, Reutilizar e Reciclar”, hábitos como este que podem tornar assim, o mundo um lugar mais sustentável.



## 5 METODOLOGIA

Para a realização do presente projeto de pesquisa utilizou-se uma metodologia de abordagem quali-quantitativa, de natureza aplicada exploratória, descritiva e experimental. Onde primeiramente utilizou-se uma abordagem e forma de raciocínio através do método hipotético-dedutivo, no qual a partir dos problemas apresentados, levantaram-se hipóteses e a busca bibliográfica para a criação de um fio e bioplástico tendo como matéria prima principal a caseína, extraída do leite impróprio ao consumo humano.

Posteriormente dispõem-se de uma abordagem de problema qualitativa por retratar pesquisas referentes aos impactos ambientais causados pelas indústrias têxteis, lácteas e calçadistas. Com base no objetivo deste projeto, foi realizada uma pesquisa exploratória, a qual visa maneiras de produzir um fio e plástico feitos a partir de uma proteína encontrada no leite impróprio ao consumo humano, e que pode amenizar problemas atuais, como o desperdício alimentício assim contribuindo para a preservação do meio ambiente. Além deste, tem-se como objetivo explicativo, devido a preocupação de identificar fatores que estão atribuídos a estes problemas, e possíveis soluções para eles.

Por fim, foi-se realizado o uso da metodologia experimental, onde buscou-se na fase I, primeiramente extrair a proteína caseína de leite impróprio para o consumo humano, com o auxílio do Professor Doutor Augusto Cesar Huppes da Silva e Professora Diane Raquel Zientarski, após diversos experimentos realizados em laboratório e também no ambiente doméstico, obteve-se a proporção: 100ml de leite desnatado, 5ml de vinagre de álcool, em uma temperatura de 40°C, através de processos como sedimentação, destilação e filtração, obtém-se a caseína.

Após a extração desta proteína, começou-se os procedimentos experimentais referente a tentativa de obter-se fios feitos com esta matéria prima, em fase II, onde inicialmente utilizava-se somente a caseína e a partir de sua fusão, foi possível obter um fio, porém devido a suas características como pouca maleabilidade e resistência, se fez necessário a adição de outros compostos totalmente naturais.

Em novos testes e ensaios, em fase II, realizados em laboratório e no ambiente doméstico ao longo de 11 meses, foi possível obter um plástico e um fio tendo como matéria prima principal a caseína, os quais são objetos de estudo para análise e viabilidade ou não da aplicação no ramo industrial.



### 5.1 Métodos e técnicas utilizados

O presente projeto, busca agregar sustentabilidade a produção leiteira e a indústria têxtil, no qual parte-se da extração da caseína de leite impróprio para o consumo humano, para após fazer testes experimentais para produção de fio e polímero biodegradáveis, com início em março de 2022, e término previsto para julho de 2024, foi realizado se fazendo valer de uma metodologia descritiva e experimental, através de uma abordagem direta, onde se utilizou pesquisas bibliográficas de caráter explicatório, em sites na internet e artigos, além de questionamentos feitos a um profissional da área da química, a fim de saber como realizar a extração da proteína, matéria prima deste objeto de estudo.

Para este trabalho, utiliza-se uma metodologia hipotético-dedutiva, no qual partiu-se de uma hipótese inicial, onde a mesma permite a busca de informações e através de experimentos e coleta de dados, trazendo a possibilidade de aplicação.

Após a revisão de literatura bibliográfica e da pesquisa teórica, iniciou-se a busca pela extração da proteína, que foi realizada ao longo do ano de 2022 e início de 2023, no laboratório de química da faculdade FAHOR de Horizontina – RS e na residência da aluna Gabrielle Mariáh Lewandovski, com o auxílio do professor de química, Augusto Cesar Huppes da Silva e da professora de física Diane Raquel Zientarski. No qual, com a extração da mesma, partiu-se para a obtenção do fio e do polímero, descritas a seguir:

#### 5.1.1 Como extrair a proteína caseína do leite de vaca:

Inicialmente, em uma pesquisa realizada ao site de Associação Brasileira de Química (2012), encontrou-se uma forma de extração da caseína: para cada 150ml de água, adiciona-se 50ml de leite impróprio ao consumo humano, sendo esta, uma forma de proporção, podendo ser maior ou menor. No qual, primeiramente põem-se 150ml de água destilada em um béquer de 2 litros, e com a ajuda de um agitador magnético com aquecimento, espera-se a água atingir a temperatura de em média 38° C para enfim adicionar 50ml de leite impróprio ao consumo humano que esteja desnatado.

Porém, após diversos experimentos, descobriu-se que a água utilizada era um agente que acabava-se por facilitar este procedimento de extração, não sendo extremamente necessária e que não teria prejuízo algum para a obtenção da matéria-prima caso não utilizada. No qual, desta forma, atualmente utiliza-se uma proporção de 100ml de leite para 5ml de vinagre de álcool.



Após o leite atingir a temperatura de 40°C, com a ajuda de uma pipeta, adiciona-se aos poucos uma leve quantidade de vinagre de álcool, para que se possa realizar a separação da gordura do leite com a proteína caseína, além do soro, em um processo chamado sedimentação. Quase no mesmo instante em que se realiza esse procedimento, é possível notar a separação destes compostos, onde nota-se que um sedimento branco localizado embaixo do béquer é a matéria prima, a caseína.

Ao notar-se a proteína, espera-se alguns minutos para separar a caseína do restante dos elementos. Onde, com um processo chamado decantação, despeja-se a maioria da água (soro e gorduras) que se encontram no experimento, até que sobre somente a caseína

Logo após este procedimento, tem-se a matéria em um estado incorporado, de fácil uso para utilizar na obtenção de fios e polímeros.

#### ***5.1.2 Tentativas de obter o fio:***

O ponto de partida foi a tentativa de obter o fio apenas com a caseína e água, na proporção de 15g de caseína e 30ml de água, ao levar-se a mistura ao fogo até o ponto de fusão da caseína, obtendo assim o fio, mas que não teve resultados positivos para o objeto de pesquisa deste. Desta forma, em pesquisas realizadas em diversos sites na internet, optou-se por agregar mais materiais a caseína, o que possibilitou obter fios de espessuras e comprimentos diferentes, pois os mesmos se tornaram maleáveis e mais resistentes.

#### ***5.1.3 Tentativas de obter o polímero:***

Nos ensaios realizados para obter o fio e na utilização da mistura de caseína com ceras, foi possível obter um plástico, que na literatura encontra-se sobre o nome de galalite.

Novos ensaios com o plástico foram realizados, inicialmente fazendo-se valer somente da utilização de caseína, porém os resultados não foram satisfatórios, o que levou-se a novos testes fazendo-se valer da mistura de caseína com as ceras o que possibilitou obter uma espécie de pasta, a qual pode ser colocada em moldes de silicone, e colocadas para secar em temperatura ambiente durante 4 dias, resultou um plástico.

Através dos testes, notou-se também que o óleo de girassol acabava por deixar o plástico com uma textura um tanto gordurosa no seu entorno, no qual efetuou-se novos ensaios utilizando-se somente caseína e cera, onde foi possível obter sucesso com o resultado obtido.



Nos dois ensaios com as diferentes ceras, conseguiu-se obter uma espécie de pasta maleável, em que notou-se que a mesma pode ser moldada em uma forma de silicone, formando objetos da maneira que prefere-se, condizente ao que pode-se notar nos resultados e discussões.

### *5.2 Materiais e Equipamentos*

- Água destilada;
- Agitador magnético de temperatura;
- Balança de precisão;
- Béqueres de laboratório;
- Ceras;
- Coador;
- Corantes comestíveis;
- Dessecador;
- Essências;
- Frasco de vidro;
- Leite de vaca integral impróprio para o consumo humano;
- Leite de vaca desnatado impróprio para o consumo humano;
- Micro-ondas;
- Moldes de silicone,
- Mufla;
- Óleo de girassol;
- Painel de forças;
- Pesos;
- Réguas;
- Sites e livros de pesquisa;
- Termômetro;
- Vinagre de álcool.

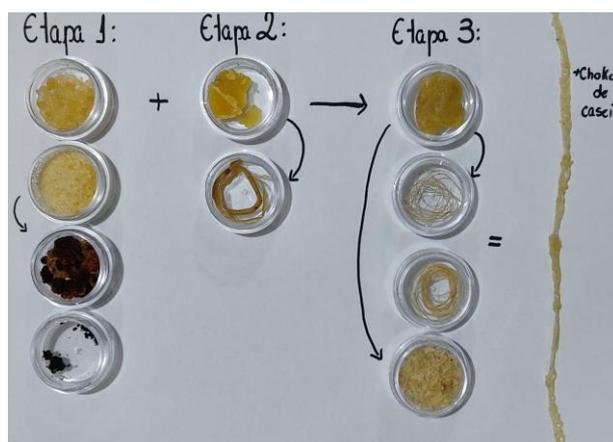
## 6 RESULTADOS OBTIDOS

Após a realização dos experimentos e ensaios, foi possível analisar e discutir os resultados obtidos, possibilitando que hipóteses e objetivos pudessem ser verificados e comprovados ou não. Abaixo segue a análise dos resultados.

### 6.1 RESULTADOS EM FASE I

O presente projeto de pesquisa na primeira fase, teve como resultados a extração da proteína caseína, através da utilização da química verde, onde foi possível substituir o ácido acético, por vinagre de álcool, para posteriormente iniciar os experimentos para a obtenção do fio, para a realização dos experimentos realizou-se pesagens e medidas, que foram relatados na metodologia, e ao longo dos experimentos ao se utilizar apenas a caseína obteve-se um plástico chamado de galalite, que para o objetivo inicial que é o fio, não foi o esperado, levando-se desta forma a novas pesquisa e experimentações agregando-se inicialmente ceras, o que resultou em um polímero com melhor impermeabilização, mas novamente não atingindo o objetivo, conforme demonstrado na figura 03.

**Figura 03**– Etapas realizadas para obter-se um fio a partir da caseína com as ceras.



(Fonte: Próprio autor, Ano 2022).

Ao observar-se a imagem, ressalta-se que a etapa 1 demonstra os processos iniciais que obteve-se a partir da caseína seca que foi levada à máquina de algodão-doce, na tentativa de obter-se uma fibra, enquanto ainda não tinha-se conhecimento acerca das condições ideais da caseína, o que resultou em uma caseína queimada e posterior fibra muito frágil.



Ao lado da etapa 1, encontra-se a etapa 2, quando foi possível obter um fio somente de caseína, descrito em metodologia, o qual foi mergulhado na cera derretida, o que, acabou-se por apenas banhar o fio, não chegando no resultado desejado. Visto que o fio ficou encoberto por uma camada bem grossa da cera, sendo inviável.

Então dando continuidade as experimentações, na etapa 3, criou-se uma espécie de pasta com a caseína e as ceras, onde colocou-se a mesma em um pouco de água e levou-se a mistura ao fogo para esquentar, ao chegar na temperatura de fusão da pasta e ebulição da água, ficando em ponto de fio, o que possibilitou obter então fios de espessuras e comprimentos diferentes, pois os mesmos se tornaram maleáveis, porém após alguns dias acabavam por quebrar-se.

## ***6.2 OBTENÇÃO DO FIO AGREGANDO-SE OUTROS ELEMENTOS E TESTES NO MESMO***

Dando continuidade ao projeto e colocando em prática as conversas com profissionais da área de física e química feitas anteriormente, onde surgiu sugestões para a utilização de óleos, como óleo de soja reciclado, óleo de girassol, óleo mineral. Iniciou-se as tentativas, porém novamente os resultados não foram os esperados, pois o óleo ficava envolto, mas não garantia a maleabilidade do fio, o qual continuava rígido e quebradiço após secagem a temperatura ambiente em 3 a 4 dias.

Então, partiu-se para tentativas de misturar a caseína a outros compostos, que por motivos de preservar o desenvolvimento do projeto pelos autores da pesquisa, aqui não são descritos. Após os testes realizados com esta nova mescla, observou-se que o fio tem um aspecto mais maleável que nas outras tentativas, e também já não encontra-se tão quebradiço, possibilitando fazer peças de artesanato com o fio de forma mais fácil. Também, o mesmo tem um aspecto mais sedoso que um barbante de artesanato feito de algodão, e mais maleável que um fio de nylon.

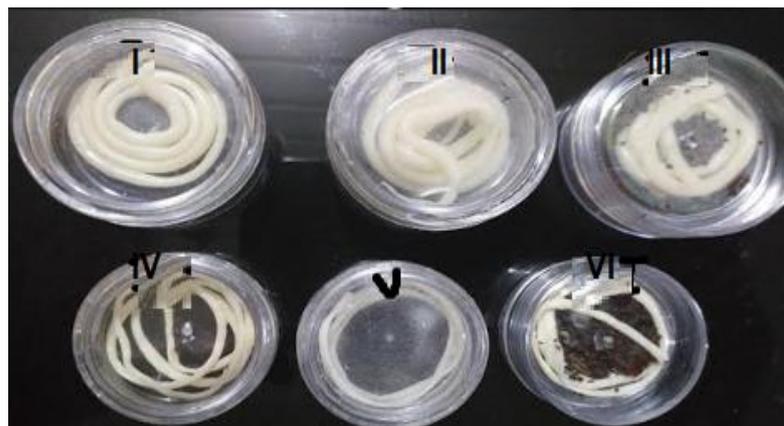
Em continuidade as pesquisas, optou-se por fazer testes domésticos quanto a decomposição do fio, para isto separou-se amostras de fio somente feito de caseína e fio com a mistura de caseína, cera de abelha, glicerina e óxido de zinco. Obtendo se fio de 20cm de comprimento e 1mm de espessura.



### 6.2.1 TESTES DE DECOMPOSIÇÃO DO FIO

Para a decomposição utilizou-se potes de amostras de 15ml para o fio feito apenas de caseína, onde no colou-se um fio como a amostra I e deixando apenas em temperatura ambiente, na amostra II colocou-se o fio e água, na amostra III colocou-se o fio, terra e um pouco de água, o mesmo procedimento foi feito com fio de mistura de caseína, cera de abelha, glicerina e óxido de zinco em amostras de 10ml, como nas amostras IV, V e VI, todos em temperatura ambiente.

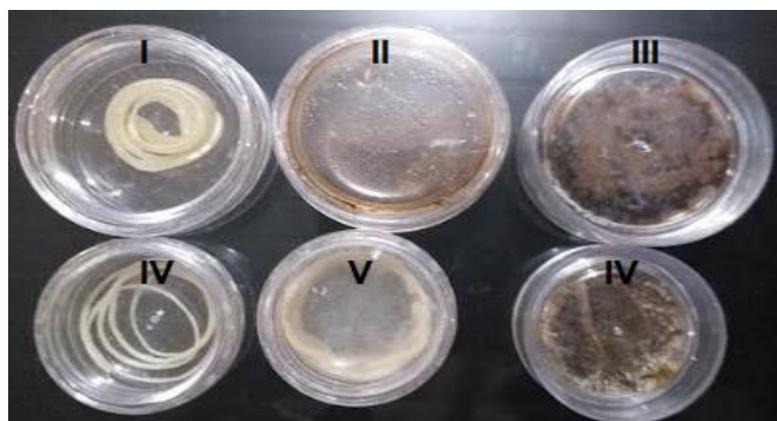
**Figura 04** – Fios em teste de decomposição.



(Fonte: Próprio autor, Ano 2023).

Após um mês, observou-se a decomposição das amostras, conforme a figura abaixo:

**Figura 05**– Fios em decomposição.



(Fonte: Próprio autor, Ano 2023).

Salienta-se que os testes de decomposição foram domésticos. Na primeira amostra temos o fio apenas de caseína, que se encontra em forma de plástico, sem maleabilidade e muito quebradiço; na segunda amostra temos a caseína que tinha sido deixada em água, mostrando

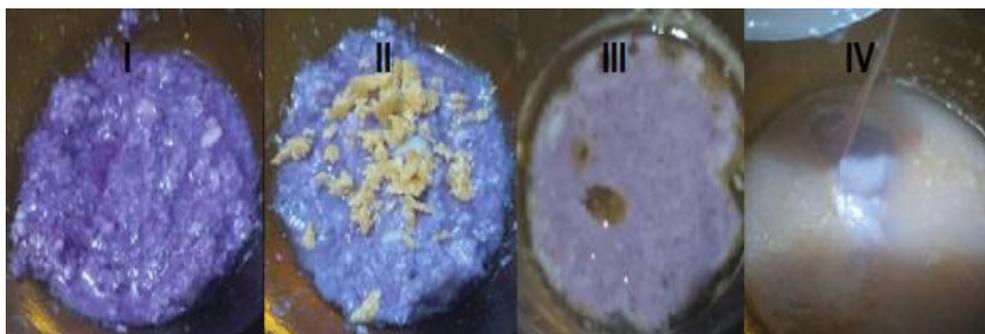


que a mesma foi totalmente dissolvida e deixando a água com um aspecto escuro, mostrando a ação de bactérias; na terceira amostra na decomposição em terra, também percebe-se que a caseína foi praticamente toda dissolvida, estando apenas pequenos resquícios da mesma. Já nas amostras de fio de caseína, cera de abelha, glicerina e óxido de zinco, sendo elas a quarta amostra, nota-se um fio com aspecto ainda maleável e não quebradiço, na quinta amostra do fio em água, percebe-se ainda a presença do fio, porém em comparação a amostra inicial, percebe-se o início de decomposição, bem como na sexta amostra do fio em degradação na terra, percebe-se a presença do fio, porém já em processo de decomposição.

### 6.2.2 TESTE DE PIGMENTAÇÃO NO FIO

Dando segmento aos testes e experimentos, optou-se por fazer também testes com adição de pigmentos aos compostos, para assim verificar a aderência destes, e seguindo o princípio de utilizar apenas materiais naturais e não prejudiciais ao meio ambiente, optou-se por utilizar pigmentos feitos a partir da casca de uva bordô, resíduos de café e corantes comestíveis. Os quais podem ser demonstrados na figura a seguir:

**Figura 06**– Pigmentação adicionada.



(Fonte: Próprio autor, Ano 2023).

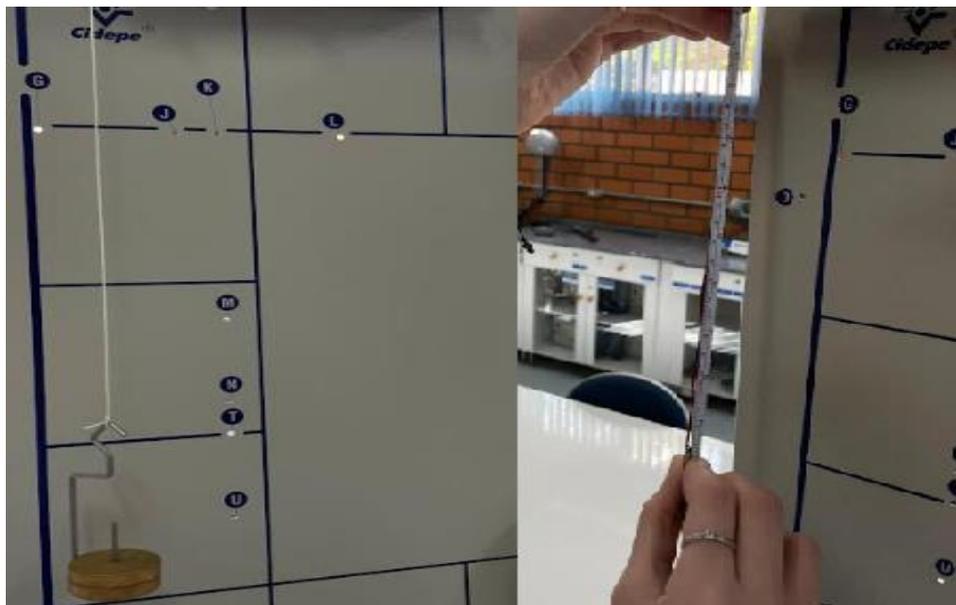
O composto aceitou muito bem os pigmentos, absorvendo toda a pigmentação adicionada e a mesma não saiu do fio na água, nem em outras situações que foi exposto, como no uso do fio em pulseiras e colares, mostrando que o teste de pigmentação foi satisfatório e dentro do esperado.

### 6.2.3 TESTE DE RESISTÊNCIA DO FIO

Em continuidade aos testes, decidiu-se verificar a resistência e ruptura dos fios, o qual tem a finalidade de verificar a capacidade que o fio tem de resistir aos esforços aos quais venha

a sofrer nos processos posteriores para sua transformação em tecidos. Para tal teste, parte-se da equação da tração  $T = m(a+g)$ , porém como no caso só atua a gravidade, então somente esta é utilizada, para assim verificar a carga que o fio suporta até o rompimento, para melhor confiabilidade nos resultados, optou-se por fazer 8 vezes o teste até a ruptura do fio, conforme figura abaixo:

**Figura 07**– Testes de resistência e ruptura.



(Fonte: Próprio autor, Ano 2023).

As medidas e os resultados obtidos são apresentados na tabela abaixo:

**Tabela 01**– Resistência e ruptura.

Espessura	Comprimento	Peso suportado
0,90 mm	30 cm	550 gramas
0,80 mm	30 cm	475 gramas
0,90 mm	30 cm	525 gramas
0,90 mm	30 cm	500 gramas
0,75mm	30 cm	450 gramas
0, 80mm	30 cm	375 gramas
0,80mm	30 cm	500 gramas
0,80mm	30 cm	500 gramas

(Fonte: Próprio autor, Ano 2023).



Mediu-se a espessura dos fios ficando elas em média 0,9mm, os comprimentos em 30 cm. Ao utilizar-se o painel de forças, foi aplicando-se massas diferentes, suportando facilmente massas de 50g, 100g, 150g, 200g, 250g, 300g e 350g. Ao submeter um dos fios a massa de 375g o mesmo rompeu, porém em média os fios sofreram rompimento com massas de aproximadamente 500g, ou seja, uma força de 5N, verificou-se também que estes romperam próximos aos nós de amarração.

#### 6.2.4 TESTES TÉRMICOS FEITOS NO FIO

Além dos testes de resistência a ruptura também foram realizados testes térmicos no fio, onde ao aquecer-se água com um fio dentro, percebeu-se que o fio na temperatura de 50°C começa a perder suas características, se tornando muito maleável e esticando com muita facilidade, quanto ao teste de chamas percebeu-se que o fio é retardante de chamas, e ao entrar em combustão logo as chamas cessam. Destaque-se que se faz necessários mais testes sobre estes aspectos e características.

Também realizou-se testes em estufa térmica, para verificar até que temperatura os objetos suportam até começar a extrusar e perder suas características, conforme tabela abaixo:

**Tabela 02**– Testes térmicos no fio.

Cor do fio	Espessura do fio	Comprimento	Temperatura Suportada até a extrusão
Natural	0,90 mm	30 cm	60°C
Verde	0,80 mm	30 cm	60°C
Vermelho	0,90 mm	30 cm	60°C
Roxo	0,85 mm	30 cm	60°C

(Fonte: Próprio autor, Ano 2023).

Os fios foram submetidos a várias temperaturas, iniciando-se pela temperatura de 50°C, onde os mesmos suportaram bem a temperatura por 10min, após elevou-se a temperatura até 60°C, observando que os fios continuavam com as mesmas características, após elevou-se a temperatura até 70° C, onde os fios começaram a apresentar brilho, e começaram a amolecer, com 80° C, os fios passam a perder todas as suas características e começam a extrusar.



### 6.2.5 TESTE DE CINZAS FEITOS NO FIO

Para verificar o quanto de matéria orgânica e inorgânica há no fio, foi realizado nos laboratórios da Fahor, testes de cinzas, conforme figura abaixo:

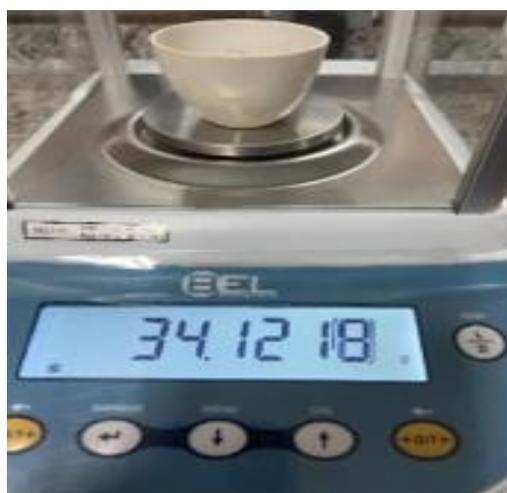
**Figura 08** - Quantidade utilizada de fio (1,0961 g) e a massa do cadinho (34,0843 g).



(Fonte: Próprio autor. Ano: 2023).

Após ser realizadas as medidas das massas, levou-se as amostras até a mufla que se encontrava pré-aquecida 550°C, no qual deixa-se os mesmos lá dentro até que atinjam coloração branca ou cinza, após então realizou-se novas medidas de massas, conforme figura abaixo:

**Figura 09** - Massa do cadinho que continha o fio.



(Fonte: Próprio autor. Ano: 2023).

Após ser realizada as medidas das massas, então realizou-se o cálculo para descobrir qual a quantidade de matéria orgânica e inorgânica está presente na amostra de fio, conforme dados abaixo.

**Tabela 03**– Testes de cinzas no fio.

Resultados obtidos	Porcentagem obtida
Massa das cinzas= 34, 1218 gramas menos Massa do cadinho= 34,0843 gramas Obtendo-se como resultado= 0, 0375 g	$\frac{0,0375}{x} = \frac{1}{100}$ Obtendo-se a porcentagem de matéria inorgânica de 3,75 %

(Fonte: Próprio autor. Ano: 2023).

Conforme os dados obtidos e a tabela acima, percebe-se que a porcentagem de matéria inorgânica é de 3,75%, acredita-se que seja o óxido de zinco, ao qual o fio foi banhado, mostrando assim que o fio pode ser considerado biodegradável em virtude de possuir 96,26% de matéria orgânica, o que comprova a biodegradabilidade do fio.

#### 6.2.6 MALHA DE TECIDO PLANO FEITO COM O FIO

De posse de alguns resultados de testes realizados no fio, optou-se por verificar se seria possível fazer uma espécie de tecido com ele, para tal, então criou-se pequenas malhas com os fios no estilo de tecido plano, utilizando fios de urdume (fios de comprimento) e de trama (fios usados na largura), para fazer o entrelaçamento foi passado vários fios de trama por cima e por baixo dos fios de urdume.

Em virtude de não ser possível fazer um exemplar de tecido com fios muito finos, uma vez que não possui-se máquinas industriais para tal, foi possível obter um exemplar de malha de tecido plano, com fios de maior espessura que os industriais, como pode ser observado na figura abaixo.

**Figura 10**– Malha de tecido plano.



(Fonte: Próprio autor, Ano 2023).

Com os fios e malhas, foram confeccionadas peças de artesanato, como pulseiras e colares, os quais foram utilizados para ensaios de alergia, textura, rigidez e conforto. Para os



testes foram convidadas mulheres que assinaram um termo de participação e ao final informaram quais as suas percepções sobre os produtos.

Através das informações colhidas foi possível analisar que os fios são bastante leves, possuem uma boa textura, porém alguns acabaram rompendo nos nós que foram colados aos fechos, o que nos levou a concluir que a cola de artesanato utilizada não era adequada ao proposto e que há pontos de tensão no fio, também quanto aos testes de alergias, foi confirmado o que já havia sido relatado em pesquisas bibliográficas, que a composição caseína, cera de abelha, glicerina e óxido de zinco, não causou alergias nas mulheres participantes dos testes, no qual destaca-se que uma mulher, intolerante à lactose, não teve nenhuma reação alérgica ao utilizar o produto, visto que a lactose trata-se de um carboidrato, enquanto a caseína é uma proteína, e a mesma não é ingerida.

### **6.3 POLÍMERO DE CASEÍNA E TESTES NO MESMO**

Nos experimentos realizados também foi possível obter um polímero biodegradável a partir da mistura de caseína com a cera, o qual se mostrou bastante leve e muito resistente.

Através de pesquisas realizadas, foi possível comprovar que a caseína pode servir para a criação de um polímero biodegradável, que já existe a bastante tempo, porém para a fabricação deste nas indústrias se utiliza o formol, que é uma substância química altamente perigosa e cancerígena, se não utilizada de forma adequada. Além de que as peças feitas de galalite (cujo nome patenteado é caseína formaleídeia), também acabam por ficarem tortas e passíveis de rachaduras depois de um determinado comprimento.

Em análise as pesquisas, optou-se por realizar experimentos e testes para tentar obter este polímero de forma natural e sustentável, através de mistura de caseína e ceras, bem como banhar o produto final em uma solução, para que não se tenha proliferação de bactérias e fungos de forma rápida.

#### **6.3.1 TESTES NOS POLÍMEROS + CERAS**

Inicialmente misturou-se caseína e cera de abelha mantendo as proporções iniciais que eram utilizadas na tentativa de obter o fio biodegradável, e para fazer comparações fez-se um teste com apenas caseína criando um molde e um molde com caseína e cera, para assim ver se haveria alguma diferença entre elas, ressalta-se que para melhores resultados, foram feitos 10 moldes de cada, os quais obtiveram sempre o mesmo resultado, com pequenas variações, que não alteram o resultado em si, mostrado na figura abaixo.

**Figura 11**– Diferenças entre os polímeros de caseína e mistura caseína e cera.



(Fonte: Próprio autor, Ano 2023).

Conforme pode-se observar na figura acima o polímero feito apenas de caseína entortou, problema este encontrado por diversos pesquisadores no desenvolvimento do plástico. Porém, ao observar-se o polímero feito com caseína e cera é possível notar que o mesmo manteve-se reto e com uma maior rigidez, visto que estes compostos têm a propriedade de conferir maior resistência.

### 6.3.2 TESTE DE CINZAS NO POLÍMERO

Outrossim, para validar a utilização de compostos naturais, realizou-se no laboratório de química da FAHOR, com a ajuda da engenheira química Aline Peiter, o teste de cinzas das amostras de plástico, onde a partir da queima da matéria orgânica destes, obtém-se a quantidade de resíduos inorgânicos presentes. Para tal realização, faz-se necessário medir em uma balança analítica primeiramente a quantidade de materiais utilizados que deseja-se descobrir a porcentagem de matéria inorgânica presente, além de medir a massa do cadinho utilizado, conforme apontado nas seguintes imagens:

**Figura 12** - Quantidade utilizada de galalite para o teste de cinzas (1,1702 g) e a massa do cadinho (35,1772 g).



(Fonte: Próprio autor, Ano 2023).

Nas figuras acima é possível observar os valores obtidos para que seja realizados os testes de cinzas, salienta-se que se faz necessário obter antes a massa do cadinho e a massa do material, para poder fazer a porcentagem ao final do teste de cinzas.

Depois dessas pesagens, leva-se os cadinhos para a mufla pré-aquecida a 550°C, no qual deixa-se os mesmos lá dentro até que atinjam coloração branca ou cinza. Após atingirem estas colorações, leva-se estes até um dessecador para que possam esfriar completamente, como demonstrado na imagem a seguir:

**Figura 13** - Coloração das amostras após passagem na mufla.



(Fonte: Próprio autor. Ano: 2023).

Com o resultado obtido, mede-se novamente as massas dos cadinhos na balança analítica para conferir sua variação, observado nas imagens:

**Figura 14** - Massa do cadinho que continha o plástico.



(Fonte: Próprio autor. Ano: 2023).



Para descobrir-se a quantidade compostos inorgânicos presentes no material, realiza-se cálculo mostrado na tabela abaixo:

**Tabela 04**– Testes de cinzas no plástico.

Resultados obtidos	Porcentagem obtida
Massa das cinzas= 35, 2149 gramas menos	$\frac{0,0377}{x} = \frac{1}{100}$
Massa do cadinho= 35,1772 gramas	Obtendo-se a porcentagem de matéria inorgânica de 3,77 %
Obtendo-se como resultado= 0, 0377 g	

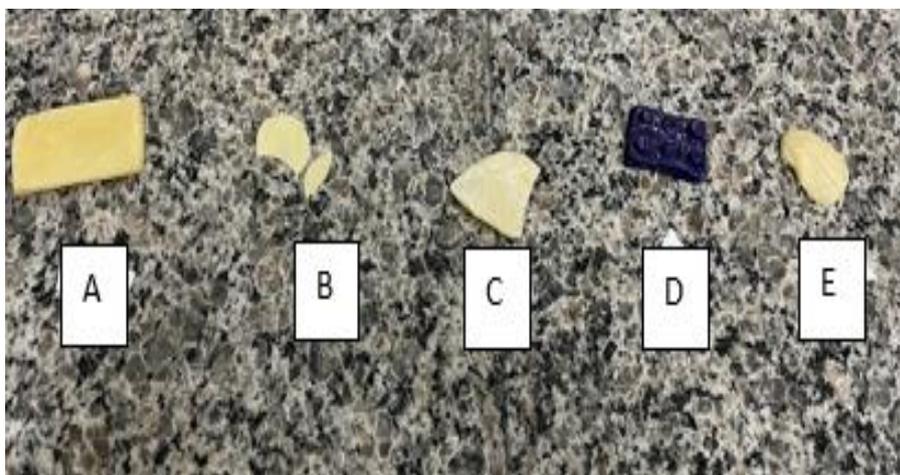
(Fonte: Próprio autor. Ano: 2023).

A partir da análise destes cálculos, pode-se concluir que tanto o bioplástico quanto o fio possuem uma porcentagem pequena de compostos inorgânicos, podendo-se ter influência até mesmo do óxido de zinco (visto que o mesmo não se encaixa nos compostos orgânicos). Estes resultados mostraram-se satisfatórios por conta da comprovação do alto teor orgânico encontrado no polímero e fios, objetivo almejado e alcançado do projeto.

### 6.3.3 TESTE DE DENSIDADE NO POLÍMERO

Ainda em relação ao bioplástico, realizou-se experimentos para descobrir a densidade do mesmo. Primeiramente, em uma balança de precisão descobriu-se os valores das massas de diferentes peças de plástico.

**Figura 15** - Amostras de plástico de diferentes tamanhos para o teste, denominadas A, B, C, D e E, respectivamente.



(Fonte: Próprio autor. Ano: 2023)



As amostras acima foram utilizadas de diferentes tamanhos e espessuras, bem como algumas utilizando pigmentação, para realizar mais testes, a fim de obter resultados mais confiáveis e precisos.

**Figura 16** – Massa das amostras A, B e C, respectivamente.



(Fonte: Próprio autor. Ano: 2023)

**Figura 17** – Massa das amostras D e E, respectivamente.



(Fonte: próprio autor. Ano: 2023)

Após feitas as medidas das massas, colocou-se cada amostra em bequers separados, obtendo assim o volume ocupado por cada uma, utilizou-se bequers graduados. Subtraindo o volume final da água com a peça imersa do volume inicial, antes das mesmas serem inseridas, conseguiu-se achar os valores do volume.

Quando todos os dados necessários para descobrir a densidade do material foram evidenciados, realizou-se o seguinte cálculo:  $d=m/v$

Onde “d” se refere a densidade, “m” a massa e “v” a volume.



A partir disso, construiu-se uma tabela com todos os dados e resultados coletados, conforme pode ser observado na figura abaixo:

**Tabela 05** – Obtenção dos valores das densidades.

	Massa (g)	Volume ( cm <sup>3</sup> )	Densidade ( g/cm <sup>3</sup> )
Amostra A	14,3	9,7	1,474
Amostra B	1,2	0,8	1,5
Amostra C	3	2	1,5
Amostra D	5,8	3,9	1,487
Amostra E	3,9	2,6	1,5

(Fonte: próprio autor. Ano: 2023)

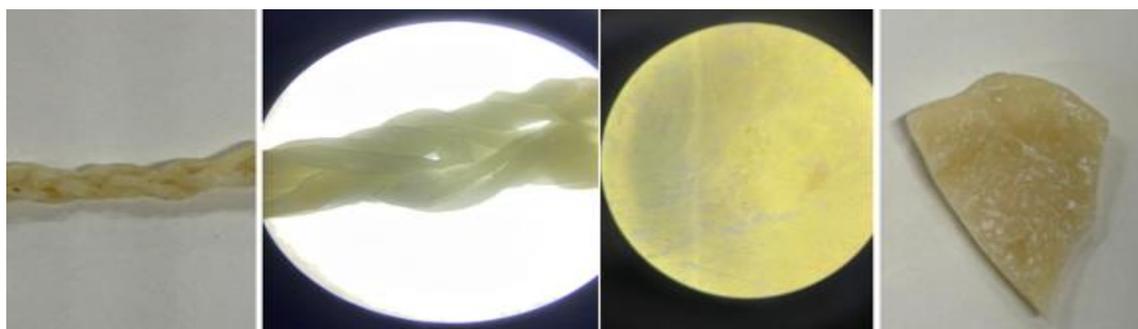
Então, com isso concluiu-se que todas as amostras do polímero, apesar de tamanhos e formas variadas, possuem densidade parecida (em média a variação de medidas foi de 0,02 g/cm<sup>3</sup>), mostrando assim que o material segue um padrão de produção e não tem grandes variações quanto à composição.

#### 6.3.4 ANÁLISE MICROSCÓPICA FEITA NO POLÍMERO

Para verificar se há fungos em proliferação no fio e no polímero, bem como visualizar como são estes em escala microscópica, foi-se até os laboratórios da Fahor.

Com a ajuda na engenheira química Aline Peiter, que é técnica do laboratório de química da Faculdade Horizontina, foi possível verificar algumas das características físicas das amostras de alguns fios e polímeros, conforme pode ser observado na imagem:

**Figura 18** – Material visto em microscópio.



(Fonte: próprio autor. Ano: 2023).

A partir destas observações, pode-se notar a presença do óxido de zinco presente ao redor de alguns polímeros, além de suas características referente a modelagem, como por exemplo o trançado de fios. Ressalta-se que nas amostras não foi possível verificar a proliferação de fungos.

### 6.3.5 TESTES INICIAIS DE RESISTÊNCIA NO POLÍMERO

Após produzidas peças de polímero através da mescla já citada anteriormente, passou-se então a realizar testes iniciais para verificar a resistência e a carga suportada pelos mesmos. Para tais testes, utilizou-se os laboratórios da Fahor (Faculdade Horizontina) com o auxílio da professora orientadora Diane Raquel Zientarski e do professor de física Geovane Webler.

Para os testes utilizou-se peças de diferentes formatos, e com diferentes desidratações, para conferir maior confiabilidade os mesmos, conforme figura abaixo:

**Figura 19** – Testes de Resistência nos polímeros.



(Fonte: Próprio autor. Ano: 2023)

Nos testes iniciais verificou-se que os polímeros pouco desidratados suportavam cargas no máximo de 500kg, já os polímeros bem desidratados suportam cargas de até 4000kg, ou seja, 4 toneladas, o que se mostrou muito satisfatório.

Salienta-se que tais testes ainda estão em andamento, pois atualmente através das amostras feitas todas com medidas aproximadamente iguais, realiza-se testes a cada 21 dias, para verificar qual a resistência obtida conforme o polímero vai desidratando.



### 6.3.6 TESTE TÉRMICO NO POLÍMERO

Realizou-se testes iniciais no laboratório de química da FAHOR, para verificar a que temperatura começa a extrusão do polímero e do fio. Para tal, selecionou-se diferentes composições de polímero e fios, com pigmento e sem, para verificar como cada um se comporta ao serem aquecidos em uma estufa.

Inicialmente, partiu-se de uma temperatura de 50°C por 10 minutos, e através de observação foi possível perceber que os mesmos continuavam com suas características iniciais. Como sequência foi-se aumentando a temperatura de 10 em 10 graus, mantendo sempre os dez minutos, até o momento que pode-se observar os objetos de estudo começarem a extrudar.

Chegando à temperatura de 80°C, percebeu-se que o fio começou a perder suas características iniciais, demonstrando que já estava ficando desidratado, já o polímero começou a perder suas características chegando a temperatura de 100°C.

**Figura 20** – Peças em testes térmicos.



(Fonte: Próprio autor. Ano: 2023)

Conforme pode ser observado na figura acima, as peças começaram a entrar em extrusão, perdendo suas características iniciais e sendo carbonizadas. O que se mostrou dentro do que esperava-se, visto que de acordo com pesquisas na internet, a média geral da extrusão de alguns polímeros varia de 150°C a 250°C.



### 6.3.7 TESTE DE CROMATOGRAFIA NO POLÍMERO

Em junho deste ano (2023), realizou-se uma visita ao LARP (Laboratório de Análises de Resíduos de Pesticidas), localizado na UFSM (Universidade Federal de Santa Maria), para realizar testes quanto a verificação da presença ou não de resíduos medicamentosos. Onde em uma conversa com o coordenador do laboratório, Renato Zanella, o mesmo deixou pressuposto que a quantidade de antibióticos presente deve ser mínima, não interferindo no meio ambiente caso o material seja descartado na natureza ou nos seres humanos, visto que o material não é de âmbito alimentício. Estes resultados ainda estão sendo aguardados, visto que demandam em torno de dois meses para a sua realização.

Ao entrar em contato com o professor Dr. Renato Zanella no mês de agosto de 2023, o mesmo nos informou que o teste ainda não pode ser realizado, visto que a máquina que o faz, estragou necessitando ser reparada, e por ser importada, as peças devem vir de fora do país, fazendo com que os todos os testes estivessem em atraso.

### 6.3.8 PRODUÇÃO DE PEÇAS COM O POLÍMERO

Através do polímero obtido pela composição de caseína e ceras, além de pigmentos comestíveis e oxido de zinco, foi possível produzir peças de lego e outras, conforme pode ser observado na figura abaixo:

**Figura 21** – Peças de lego feitas com galalite.



(Fonte: Próprio autor. Ano: 2023)

Para produzir as peças, foi-se utilizado moldes de silicone a fim de obter formatos e peças diferentes, possibilitando a verificação de que as peças são resistentes e que podem ser moldadas da maneira que preferir. Outro achado importante foi que o tempo de secagem das mesmas foi menor que os obtidos em estudos feitos com caseína e formol, visto que nestes



levava-se semanas para secar as peças e na mescla utilizada já descrita, foi possível diminuir este tempo para no máximo de duas semanas em dias úmidos e uma semana em dias secos e quentes.

Percebe-se que é possível aplicar a vários segmentos o fio biodegradável e o polímero, feitos através da caseína de leite impróprio ao consumo humano, ressaltando que a caseína feita a partir de leite derivados de vacas em tratamento com medicamentos foram apenas utilizados para a produção dos polímeros, sem a utilização em outros testes, visto que se faz necessário aplicar teste de pureza no mesmo, para verificar se não há resquícios de medicamentos que possam ser prejudiciais à saúde humana.

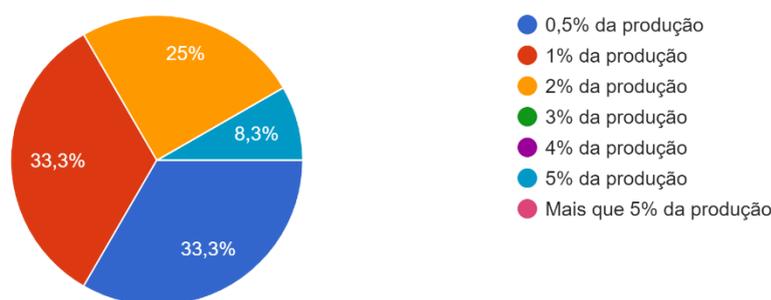
#### 6.4 ECONOMIA CIRCULAR

Em relação a economia circular de troca, em conversas com produtores rurais e aplicação de pesquisa através de formulário do Google forms, pode-se notar que o percentual de descarte varia de acordo com a produção de cada propriedade rural, onde propriedades que produzem cerca de 500 a 1000 litros diariamente, tem o percentual de descarte em 0,5% da produção. Propriedades que tem entre 1000 à 3000 litros, variam entre 1 e 2% da produção, conforme demonstrado na figura:

**Figura 22** – Resultado obtido referente a porcentagem mensal de descarte de leite.

Você tem ideia da porcentagem de descarte do leite impróprio no total da sua produção mensalmente?

12 respostas



(Fonte: Próprio autor. Ano: 2023).

Ademais, pode-se evidenciar que em uma propriedade rural de produção leiteira de médio porte no estado do Rio Grande do Sul, onde são produzidos em média 4 mil litros de leite diariamente, a perda de renda em virtude do não reaproveitamento do leite impróprio ao consumo humano, por ser oriundo de vacas em tratamento com medicamentos ou que acabaram



de ter filhotes, e ainda leites ácidos que não se encaixam no padrão de consumo, e levando-se em conta uma perda de 1% na produção leiteira, com o valor de aproximadamente R\$ 3,05 para cada litro, o valor econômico perdido pode chegar a aproximadamente R\$12.000,00 ao mês, o que ao ano gera um prejuízo de mais de R\$146.000,00.

É possível interligar o que foi apresentado e os objetivos deste trabalho, a ODS 12, que trata sobre padrões de produções e consumo sustentáveis, tendo com uma das metas de até o ano de 2030 trabalhar para a redução substancial da geração de resíduos através da Economia Circular, com a prevenção, redução, reciclagem e reutilização de resíduos.

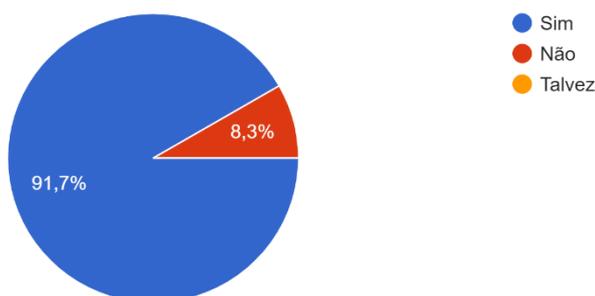
Diante de todo exposto acima, este projeto visa atender a este quesito da ODS, através da aplicação de uma economia circular, podendo ser de troca onde os produtores rurais poderiam fornecer a matéria prima que vem sendo descartada na natureza, e receber em troca produtos feitos de caseína ou um percentual da venda dos mesmos.

E para averiguar se a mesma seria aceita pelos produtores rurais que tem em sua economia a produção de leite, aplicou-se o seguinte questionamento, representado pela figura:

**Figura 23** – Resultado obtido referente a aceitação da economia circular

Se você tivesse a oportunidade de utilizar o leite desperdiçado por ser impróprio ao consumo humano, através da venda ou de uma economia de troca, você o faria?

12 respostas



(Fonte: Próprio autor. Ano: 2023)

Através dessas respostas, pode-se concluir que grande parte dos produtores rurais aceitariam destinar esse leite para a economia circular, assim destaca-se que seria possível obter a matéria prima em grande escala.



## 5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi relatado o processo de extração de uma proteína do leite, a caseína e a obtenção de um fio e um polímero, tendo esta como matéria prima principal, desde a revisão bibliográfica, a análise de materiais a serem utilizados, as realizações de experimentações e um possível protótipo para tecido e aplicabilidade para o setor industrial através do polímero. O objetivo principal foi apresentar um fio, para um protótipo de tecido biodegradável e sustentável, além de um plástico chamado galalite, em que ambos utilizou-se uma proteína encontrada no leite de vaca, o qual muitas vezes é desperdiçado nas produções lácteas, por ser impróprio ao consumo humano. Tal ação, no âmbito ecológico, pode contribuir com a diminuição dos desperdícios e impactos gerados pelas indústrias lácteas, têxteis, de plásticos, dentre outras, tornando-se uma alternativa mais sustentável para a produção de tecidos, plásticos em móveis, botões de roupas dentre outros.

Os objetivos quanto a extração da caseína e produção do fio, foram alcançados, o que ao longo das experimentações mostrou-se produtivo, pois foi possível obter além do fio também uma galalite, ou seja, um polímero plástico natural. Foram necessárias inúmeras pesquisas e testes, para que o fio se tornasse mais maleável e não quebradiço, características essenciais para a produção de tecido. Além das características do bioplástico, para que sua força de tração fosse mais resistente.

Por fim, foi possível obter um protótipo de malha no estilo tecido plano, o qual pode ser aplicado a testes para verificação de algumas características, faltando outros testes como de pureza do material mas que estão sendo realizados em parceria com a UFSM (Universidade Federal de Santa Maria). Diante do exposto, evidencia-se a possibilidade de realizar a produção de tecidos biodegradáveis a partir da caseína, para o ramo de comércio e produzir peças que possam ser utilizadas pela população de uma forma consciente, ademais a utilização da galalite no setor moveleiro como puxadores ou pés para móveis, além da possibilidade de fabricação de botões para o setor têxtil ou até mesmo saltos para calçados, desta forma ajudando o nosso planeta e a todos que nele vivem, bem como ao meio ambiente, visto que a caseína por ser uma proteína pode ser consumida pelos animais.

Assim sendo, evidencia-se a importância de projetos desenvolvidos com intuito de preservação do meio ambiente e sustentabilidade, projetos que com práticas corretas podem ajudar a gerar renda através de produtos que seriam desperdiçados e também ajudar a natureza.



## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Vanessa Cintra; BARBOSA, Agnaldo Sousa. **Práticas de gestão ambiental das indústrias coureiras de Franca-SP.** Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/cnyG73jDxtTNzphGDcfRSRF/?lang=pt>. Acessado em 10 jan. 2023.

BARBOSA, Ana Lúcia. **Proteínas.** Disponível em: [https://revista-fi.com/upload\\_arquivos/201606/2016060036244001467048775.pdf](https://revista-fi.com/upload_arquivos/201606/2016060036244001467048775.pdf) . Acessado em 10 jan. 2023. CAGLIARI, João Vitor. **Fórmula Estrutural Caseína.** Disponível em: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Formula-estrutural-da-caseina\\_fig3\\_328523991](https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Formula-estrutural-da-caseina_fig3_328523991). Acessado em 10 jan. 2023.

CAGLIARI, João Vitor. **Fórmula Estrutural Caseína.** Disponível em: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Formula-estrutural-da-caseina\\_fig3\\_328523991](https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Formula-estrutural-da-caseina_fig3_328523991). Acessado em 10 jan. 2023.

CARNEIRO, Heloisa; Cruz, Jisleny da. **Impactos Ambientais da Pecuária de Leite.** Disponível em: <https://cienciadoleite.com.br/noticia/3354/impactos-ambientais-da-pecuaria-de-leite>. Acessado em 10 jan. 2023.

CARVALHO, Giovana Capellano Amaral de; LICCO, Eduardo Antonio. **Valorização de resíduos: Produção de galalite a partir de leite não comercializado.** Disponível em: [http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/wp-content/uploads/2017/11/2-245\\_ARTIGO\\_ORIGINAL\\_FINAL.pdf](http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/wp-content/uploads/2017/11/2-245_ARTIGO_ORIGINAL_FINAL.pdf). Acessado em 10 jan. 2023.

CUNHA, RICARDO (2017). **Tecido de leite poderia resolver o problema do desperdício de laticínios.** Disponível em < <https://www.stylourbano.com.br/tecido-de-leite-poderia-resolver-o-problema-do-desperdicio-de-laticinios/>>, Acessado em 27 abr. 2022.

EMBRAPA. **SUSTENTABILIDADE NA PECUÁRIA LEITEIRA É TEMA EM DIA DE CAMPO.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/37595498/sustentabilidade-na-pecuaria-leiteira-e-tema-em-dia-de-campo>. Acessado em 10 jan. 2023.

FONTGALLAND, Isabel Lausanne. **Economia Circular e Consumo Sustentável.** Disponível em: <https://amplaeditora.com.br/books/2022/04/EconomiaCircularConsumoSustentavel.pdf>. Acessado em 10 jan. 2023.

GLAMOUR. **Conheça 10 tipos de tecidos biodegradáveis e entenda por que eles são o futuro da moda.** Disponível em: <https://glamour.globo.com/em-parceria-com/noticia/2019/08/conheca-10-tipos-de-tecidos-biodegradaveis-e-entenda-por-que-eles-sao-o-futuro-da-moda.ghtml>. Acessado em 11 jan. 2023.

GLENN, Douglas. **Afinal: o que é galalite?.** Disponível em: <https://www.fefumerj.com.br/afinal-o-que-e-galalite/>. Acessado em 11 jan. 2023.



GONÇALVEZ, Alexandre de Campos; Araripe, Paulo. **A influência da pecuária leiteira no meio ambiente.** Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/a-influencia-da-pecuaria-leiteira-no-meio-ambiente-8693n.aspx>. Acessado em 10 jan. 2023.

INSECTASHOES. **Qual o impacto ambiental da produção de um sapato?** Disponível: [https://www.insectashoes.com/m/blog/62b1d0ee98cf7e0b005c9424/qual-o-impacto-ambiental-da-producao-de-um-sapato#:~:text=A%20ind%C3%BAstria%20cal%C3%A7adista%20tamb%C3%A9m%20gera,jogados%20\(ilegalmente\)%20na%20%C3%A1gua](https://www.insectashoes.com/m/blog/62b1d0ee98cf7e0b005c9424/qual-o-impacto-ambiental-da-producao-de-um-sapato#:~:text=A%20ind%C3%BAstria%20cal%C3%A7adista%20tamb%C3%A9m%20gera,jogados%20(ilegalmente)%20na%20%C3%A1gua). Acessado em 10 jan. 2023.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em: <https://ipea.gov.br/ods/ods12.html>. Acessado em 10 jan. 2023

LESSA, Gerson. **Os Plásticos: Panorama Histórico de Materiais e Design.** Disponível: [http://www.um.pro.br/prod/\\_pdf/001030.pdf](http://www.um.pro.br/prod/_pdf/001030.pdf). Acessado em 10 jan. 2023.

LUZ, Sollmar. **Indústria da moda é a segunda mais poluidora, aponta estudo.** Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/economia/audio/2022-10/industria-da-moda-e-segunda-mais-poluidora-do-mundo-aponta-estudo>. Acessado em 8 de jun. 2022.

MARESCHIN, João Paulo (2016). Apresentação em tema: **"Fibra Proteica Caseína Acadêmico: João Paulo A. Maraschin Pesquisa referente à fibras da disciplina de Materiais Têxteis – Primeira Fase."**. Disponível em < <https://slideplayer.com.br/slide/10339322/>>. Acessado em 8 de jun. 2022.

MEIRA, Manuelle (2022). **Descarte de resíduos têxteis, entenda como fazer corretamente.** Disponível em <<https://iusnatura.com.br/descarte-de-residuos-texteis/#:~:text=Isso%20porque%2C%20como%20citado%20acima,outros%20qu%C3%ADmicos%20adicionados%20aos%20tecidos>>. Acessado em 27 abr. 2022.

MORICE, Sarah (2018). **Designer italiana transforma resíduos de leite em tecido usável.** Disponível em < <https://www.trtworld.com/business/italian-designer-turns-milk-waste-into-wearable-fabric-21287>>, Acessado em 10 maio. 2022

MOSER, Giulia. **Vestindo Sustentabilidade: Análise dos tecidos biodegradáveis como novo discurso de sustentabilidade na moda do século XXI.** Disponível em: [file:///D:/Downloads/TCC%20-%20Tecidos%20Biodegradaveis%20\(PDF\).pdf](file:///D:/Downloads/TCC%20-%20Tecidos%20Biodegradaveis%20(PDF).pdf). Acessado em 10 jan. 2023.

NARDI, Alessandro Carlos (2017). **Impactos ambientais da pecuária de leite da agricultura familiar.** Disponível em <<file:///D:/Downloads/ivanoribeiro,+Gerente+da+revista,+4+OK++IMPACTOS+AMBIENT+AIS+DA+PECUA%CC%81RIA+DE+LEITE+DA+AGRICULTURA+FAMILIAR.pdf>>. Acessado em 27 abr. 2022.

NELSON, Fq. **NYLON.** Disponível em: <https://nelsonfq.blogs.sapo.pt/32685.html>. Acessado em 27 abr. 2022.



PARKER, Luara (2019). **The world's plastic pollution crisis explained**. Disponível em: <<https://www.nationalgeographic.com/environment/article/plastic-pollution>>. Acessado em 8 jun. 2023.

PEREIRA, Marcella Nunes; SCUSSEL, Vildes Maria. **Resíduos de antimicrobianos em leite bovino: fonte de contaminação, impactos e controle**. Disponível em: file:///D:/Downloads/6644-Manuscrito%20Completo%20(Obrigat%C3%B3rio)-32092-1-10-20170612.pdf. Acessado em 10 jan. 2023.

SALAMONI, Franciane Luiza et al (Epub PIVA e WIEBECK). **Os impactos no meio ambiente na industrialização do plástico: um estudo de caso**. Disponível em: <[https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos06/474\\_Artigo%20SEGeT%20Plastico.pdf](https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos06/474_Artigo%20SEGeT%20Plastico.pdf)>, Acessado em 8 jun. 2023.

WWF (Fundo Mundial para a Natureza, 2019). **Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico**. Disponível: <<https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>>. Acessado em 8 jun. 2023.