

**ETEC CÔNEGO JOSÉ BENTO**  
**JACAREÍ**  
**Meio Ambiente**

Anna Júlia de Oliveira Brito  
Davi Bueno Quadros  
Manuela F. Navarro dos Santos  
Rebeca Santos Medeiros  
Yasmin da Silva Rodrigues

**TINGIMENTO SUSTENTÁVEL DE ROUPAS COM PIGMENTOS DE  
ORIGENS VEGETAIS E BACTERIANAS**

**Jacareí**

**2024**

Anna Júlia de Oliveira Brito  
Davi Bueno Quadros  
Manuela F. Navarro dos Santos  
Rebeca Santos Medeiros  
Yasmin da Silva Rodrigues

**TINGIMENTO SUSTENTÁVEL DE ROUPAS COM  
PIGMENTOS DE ORIGENS VEGETAIS E BACTERIANA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso Técnico em Meio Ambiente da Etec Cônego  
José Bento, orientado pelo Prof. Maria Regina  
Souto e Aline Figueiredo, como requisito parcial  
para obtenção do título de Técnico em Meio  
Ambiente

**Jacareí**

**2024**

## **Agradecimentos**

Gostaríamos de expressar nossa sincera gratidão às professoras Maria Regina Souto, Aline Figueiredo e Elaine Raggazzi, assim como aos nossos familiares que sempre estiveram ao nosso lado nos apoiando ao longo de toda nossa trajetória. Agradecemos profundamente pela orientação e pelo comprometimento com que desempenharam suas funções, sempre com dedicação e amizade.

Agradecemos pelas correções e ensinamentos que nos possibilitaram um melhor desempenho ao longo do nosso processo de formação profissional. Agradecemos também por todos os conselhos, pela ajuda e pela paciência com que guiaram nosso aprendizado.

"A moda, como qualquer outra forma de arte, tem o poder de mudar as perspectivas, mas a verdadeira revolução está em mudar o modo como criamos e consumimos."

(Livia Firth)

## Resumo

A indústria têxtil é uma das principais responsáveis pelos impactos ambientais devido ao uso intensivo de recursos naturais, produtos químicos tóxicos e a geração de resíduos, especialmente na etapa de tingimento. Tradicionalmente, o tingimento de tecidos utiliza corantes sintéticos que apresentam sérios problemas ambientais, como a poluição das águas e a acumulação de resíduos tóxicos. Em resposta a esses desafios, surgem práticas mais sustentáveis, como o uso de corantes naturais derivados de fontes vegetais e bacterianas, que são biodegradáveis e menos agressivos ao meio ambiente. O objetivo deste trabalho foi investigar a viabilidade e a eficácia do tingimento sustentável utilizando pigmentos de origem vegetal e bacteriana, comparando-os aos métodos tradicionais em termos de impacto ambiental, durabilidade e eficiência. Foram realizadas práticas laboratoriais para extração de corantes de casca de cebola, repolho roxo, beterraba, kombucha e bactérias do solo, utilizando mordentes para fixação. Os resultados mostraram boa aderência, diminuindo o impacto ambiental, mas com alguns desafios, como desbotamento e instabilidade de pigmentos. Concluiu-se que o tingimento natural é uma alternativa viável para reduzir impactos da indústria têxtil, destacando a importância de investimentos em pesquisa e políticas de incentivo para ampliar o uso desses métodos.

**Palavras-chaves:** Corantes naturais; Pigmentos vegetais; Pigmentos bacterianos; Tingimento sustentável

## Sumário

1	Introdução.....	1
1.1	Justificativa.....	1
1.2	Objetivo.....	1
1.2.1	Objetivo Geral.....	3
1.2.2	Objetivos Específicos.....	4
2	Revisão De Leitura.....	5
2.1	Sustentabilidade Na Indústria Têxtil.....	5
2.2	Impactos Ambientais De Corantes Artificiais E Naturais.....	8
2.3	Pigmentos Naturais.....	10
2.4	Comparação Com Os Corantes Sintéticos.....	15
2.5	Desafios E Limitações.....	16
2.6	Projetos E Iniciativas Sustentáveis.....	18
2.7	Microbiologia E Sua Relação Com A Biotecnologia.....	19
3	Metodologia.....	22
3.1	Seleção Do Tecido E Preparo Do Mordente.....	23
3.2	Extração Do Pigmento Da Casca De Cebola.....	24
3.3	Extração Do Pigmento De Repolho Roxo.....	26
3.4	Extração De Pigmentos De Beterraba.....	27
3.5	Extração Do Pigmento Da Kombucha.....	27
3.6	Extração De Pigmentos Bacterianos Sob Coleta E Preservação De Amostra Do Solo.....	29
4	Resultados E Discussões.....	32
5	Conclusão.....	37
6	Referências.....	3

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria têxtil é conhecida por seu impacto ambiental significativo, devido ao uso intensivo de recursos naturais, produtos químicos tóxicos e geração de resíduos. Nos últimos anos, tem havido um crescente interesse por práticas mais sustentáveis, que buscam mitigar esses impactos e promover um ciclo de produção mais ecológico. Uma dessas práticas é o tingimento sustentável de roupas, que utiliza pigmentos de origens vegetais e bacterianas.

A importância do corante é observada desde a antiguidade, a utilização pelo Homem de corantes de origem animal, vegetal e mineral, visa sua origem na Pré-História na qual até hoje é utilizado. Com isso, a descoberta dos corantes, sintetizando o primeiro corante sintético, por Perkin, em 1856 pode ter sido um mero acidente que se tornou, com o avanço das civilizações, um ponto essencial na cultura do Homem, sendo impossível imaginar o mundo moderno sem eles. Além de ter uma influência cultural, os corantes contribuem substancialmente para a economia.

Segundo Guaratini e Zanoni (2000 p.4), o processo de tingimento é um dos elementos essenciais no sucesso econômico dos produtos têxteis. Além da uniformização da estética e coloração, o consumidor usualmente exige algumas características básicas do produto, elevado grau de fixação em relação à luz, lavagem e transpiração, tanto no começo quanto após uso prolongado. Para garantir essas características, as substâncias que garantem coloração à fibra devem apresentar alta afinidade, uniformidade na coloração, resistência aos agentes responsáveis pelo desbotamento e ainda apresentar-se viável economicamente.

Com a evolução constante em um nível mundial e o aumento da população, as necessidades básicas de vestimenta também cresceram. De acordo com Mota (2023 p. 22), atualmente, processos têxteis físico-químicos têm sido empregados para suprir a demanda da sociedade, mas a maioria desses processos são custosos e podem produzir compostos tóxicos, ademais esses corantes utilizam um volume de água elevado, ocorrendo uma produção excessiva de poluentes nas águas residuais, provocando poluição aquática e a acumulação de resíduos nos ecossistemas, mesmo em concentrações baixas. Desse modo surgiu um interesse na revitalização de corantes naturais na coloração têxtil.

A conservação ambiental, no setor industrial, necessita de formas de produção analisando e optando por alternativas menos impactantes ao ambiente. Em relação à crise ambiental, um dos principais setores onde deve ser observado mais de perto é o da Moda. Uma das principais complicações na produção destes corantes é que requer a utilização de uma quantidade excessiva de água, conseqüentemente gerando águas residuais coloridas, onde a cor, é o único poluente visível e junto a outros compostos formam uma combinação indesejada, causando a poluição aquática.

Atualmente, a indústria têxtil gera uma quantidade significativa de efluentes que apresentam altos níveis de coloração, demanda bioquímica de oxigênio, sólidos suspensos e baixas concentrações de oxigênio dissolvido. Entre as diversas substâncias químicas encontradas, os corantes reativos merecem destaque, especialmente devido à sua alta toxicidade e resistência ao ataque microbiano (KAMINATA, 2008 p. 8).

Nas últimas décadas, a demanda por vestuário por parte da população cresceu em 40% (Mota, 2023 p.6), conseqüentemente aumentando os impactos relacionados ao tingimento têxtil. Os corantes naturais foram gradativamente sendo substituídos e entre os principais problemas ligados, estão a utilização e o descarte dos corantes artificiais, na indústria de tecidos destacando propriedades nocivas e tóxicas.

Além disso, as moléculas dos corantes sintéticos são, na maior parte, substâncias estranhas aos seres vivos e, sendo assim, os micro-organismos e os seres vivos podem não oferecer enzimas capazes de degradar essas moléculas, de forma eficaz. Dessa maneira, o tingimento através de micro-organismos torna-se uma opção sustentável e saudável em relação ao têxtil (Silva, 2013 p.3).

A sustentabilidade parou de ser apenas uma tendência e passou a transformar-se em um dever, o que tem concedido que os consumidores considerem indispensável se atentar à fabricação da peça, a maneira de embrulho, o processo de tingimento utilizado e o local de produção da roupa (Mota, 2023 apud Sanvt., et al 2021).

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo investigar e comparar as técnicas de tingimento sustentável com pigmentos de origem vegetal e bacteriana, avaliando suas vantagens, desafios e potenciais impactos na indústria têxtil. Pretende-se, assim, contribuir para a promoção de práticas mais sustentáveis e a conscientização sobre a importância da inovação ecológica no setor têxtil.

Apesar do crescente interesse por práticas mais sustentáveis na indústria têxtil, ainda há uma necessidade significativa de estudos que avaliem a eficácia e viabilidade



do tingimento com pigmentos naturais. Nesse sentido, surge a seguinte questão de pesquisar: qual é a viabilidade e eficácia do tingimento sustentável de roupas utilizando pigmentos de origem vegetal e bacteriana em comparação com os métodos tradicionais?

## **1.1 JUSTIFICATIVA**

A crescente preocupação com a sustentabilidade e a preservação ambiental tem impulsionado a busca por alternativas aos processos industriais tradicionais, que frequentemente utilizam produtos químicos nocivos e são responsáveis por grande parte da poluição ambiental. A indústria têxtil, em particular, é uma das maiores consumidoras de água e produtos químicos, tornando-se uma grande poluidora. Nesse contexto, a produção de pigmentos naturais surge como uma solução viável e necessária.

Os pigmentos de origem vegetal são extraídos de plantas, flores, frutos e raízes, que contêm compostos naturais capazes de tingir tecidos sem causar danos ao meio ambiente. Esses pigmentos são biodegradáveis e não possuem os mesmos efeitos tóxicos dos corantes sintéticos, reduzindo a contaminação dos corpos d'água e a exposição humana a substâncias prejudiciais.

Além dos benefícios ambientais, a produção de pigmentos bacterianos utiliza micro-organismos que, através de processos de fermentação, geram cores naturais. Este método não só é sustentável, mas também eficiente em termos de recursos, pois pode utilizar resíduos agrícolas e industriais como substrato, promovendo uma economia circular. A biotecnologia aplicada à produção de pigmentos bacterianos oferece uma alternativa inovadora que pode ser ajustada para obter uma ampla gama de cores de forma consistente e sustentável.

A adoção de pigmentos naturais também abre novas oportunidades para o desenvolvimento de mercados locais e o fortalecimento da agricultura sustentável, pois muitas das plantas utilizadas para a extração de pigmentos podem ser cultivadas em sistemas agroecológicos. Isso promove o desenvolvimento econômico sustentável e reduz a dependência de produtos químicos importados.

## **1.1 OBJETIVO**

Nesta seção foram abordados os propósitos que direcionam essa pesquisa e a execução da proposta, indicando o que se pretende alcançar, expressando de forma ampla a finalidade principal do estudo, ou seja, o resultado final.

### **1.1.1 Objetivo geral**

Desenvolver pigmentos à base de produtos vegetais e bacterianos a partir da kombucha e da amostra do solo, de implementar novas técnicas de tingimento utilizando essas substâncias naturais. Buscando criar alternativas que sejam comparáveis, em termos de eficácia e durabilidade, aos corantes sintéticos tradicionais, promovendo uma abordagem mais sustentável e ecológica para a indústria têxtil.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Analisar o potencial de diminuição dos impactos ambientais causados pela indústria têxtil.
- Comparar o processo de pigmentação vegetal e bacteriana com o processo convencional de tingimento industrial;
- Coletar bactérias não patogênicas e vegetais selecionadas para utilizá-los corretamente, a fim de obter a máxima produção de pigmentos;
- Produzir pigmentos;

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

Atualmente, a preocupação com o meio ambiente está associada à qualidade de vida das atuais e próximas gerações, tornando a sustentabilidade um compromisso geral. Dessa forma, a competitividade no mercado têxtil e a mudança no perfil dos consumidores incentiva as indústrias a procurar alternativas melhores para o meio ambiente por meio de novos recursos que visam a diminuição dos impactos ambientais.

O tingimento sustentável é uma abordagem inovadora na indústria têxtil que visa reduzir o impacto ambiental dos processos de coloração de tecidos. Nessa seção foram abordados assuntos referentes ao tema principal em diferentes vertentes, visando que a principal característica que chama a atenção do consumidor é a cor dos produtos, sendo assim, as cores são de extrema importância para o destaque comercial, e é fator decisivo para aceitação e utilização em tecidos.

A partir disso, esse estudo tem por foco um tingimento mais sustentável através dos pigmentos vegetais e bacterianos visto que segundo Merzouk (2021 p. 7) A etapa de tingimento é a que apresenta os maiores riscos ao meio ambiente devido à grande utilização de corantes orgânicos, sais e aditivos, além de consumir enormes volumes de água e gerar grandes quantidades de efluentes. Essa abordagem não só minimiza o impacto ambiental, mas também agrega valor aos produtos, atendendo às demandas de um mercado cada vez mais consciente e engajado com práticas sustentáveis.

### **2.1 Sustentabilidade na indústria têxtil**

Segundo Barbieri 2007, a sustentabilidade é a capacidade de um sistema de sustentar-se na dinâmica evolutiva. É um significado sistêmico, pois está relacionado a diversos aspectos; econômicos, sociais, culturais e ambientais que integram a humanidade. Atualmente, a concorrência no mercado e as conseqüentes mudanças no perfil do consumidor fazem com que as empresas procurem novas formas de serem menos ameaçadoras ao meio ambiente por meio de novas tecnologias que visam reduzir o impacto negativo, fortalecendo assim a sociedade e o meio ambiente. Logo, mais valor será agregado aos produtos têxteis criados sob essa perspectiva diferenciada, tornando a indústria mais competitiva.

A indústria têxtil se encontra em todos os países por conta da necessidade humana de vestuário e usos utilitários variados como, na decoração, na área hospitalar, militar, entre outros. Carregando um importante significado nas dimensões social, cultural, econômica e política a ponto de persuadir costumes e tendências com conseqüências no estilo de vida em diferentes épocas.

Até a metade do século XIX, todos os corantes eram derivados de folhas, ramos, raízes, frutos ou flores de várias plantas e de substâncias extraídas de animal. Embora a indústria de corantes têxteis tenha se originado na Europa desde o século XVI, o primeiro corante sintético foi descoberto apenas em 1856 na Inglaterra (Guaratini e Zanoni, 1999 p. 75).

Segundo Filleti e Boldrin (2020 p. 15), o setor tem uma grande importância para a economia brasileira, dando ênfase a geração da renda e do número de empregos. Além disso, tal setor possui demanda suficiente, qualidade, equipamentos, mão de obra e matéria-prima. O percurso sociocultural do setor têxtil e de confecção brasileira expressa que houve e ainda há uma grande ação de mudanças observado na figura 1. Com a liberação comercial, que conduziu a globalização da economia doméstica, o setor experimentou um conflito estrutural; simultaneamente a isso, o Brasil passa por uma invasão de produtos importados asiáticos.

Figura 1: Crescente aumento de setores na indústria têxtil



Fonte: Arquivo Nacional Fundo Correio da Manhã

Desta forma a indústria têxtil é de extrema importância para o país, pelas suas dimensões e seu início no Brasil Colonial, assim como seu desenvolvimento até os dias de hoje fazem parte da nossa história. É necessário analisar possíveis rumos para que

a indústria melhore sua posição frente a um mercado que se apresenta gradativamente mais amplo.

A indústria têxtil é responsável pela geração de muitos efluentes com elevados níveis de coloração, demanda bioquímica de oxigênio, sólidos suspensos e baixas concentrações de oxigênio dissolvido. Dentre outras espécies químicas presentes no meio, especial atenção tem sido dada aos corantes reativos, principalmente em função da sua elevada toxicidade e resistência ao ataque microbiano (Kaminata, 2008, p. 26).

A indústria têxtil no Brasil é considerada a segunda maior empregadora da indústria de transformação, mas também é considerada no país o 5º maior produtor mundial de têxteis. Apesar de inúmeros benefícios econômicos, essa porção industrial é um dos maiores utilizadores de água. A legislação ambiental, por meio da Resolução CONAMA nº 430/2011, impõe os padrões e critérios necessários para o lançamento dos efluentes nos corpos hídricos, para que de tal forma que a qualidade não seja alterada e que o ecossistema seja preservado.

Essa categoria de indústria tem sido uma das mais poluentes, e para que a poluição e as consequências ambientais na produção dos vestuários seja menor, deve-se apostar em produções inovadoras e de maneira sustentável, através das soluções diferenciadas. Considerando novas ideias para criar peças mais agradáveis para o meio ambiente, relacionando os bio-pigmentos e formando estratégias mais rentáveis para o planeta.

De modo geral, a indústria têxtil utiliza a combinação de dois ou mais sistemas para tratamento como apresentado na figura 2, levando em conta o tipo de efluente, a sua característica e do destino dado ao efluente tratado.

Figura 2: Sistema de tratamento de efluentes da indústria têxtil



A indústria têxtil tem uma grande influência a nível económico, mas também a nível ambiental, contribuindo de maneira expressiva para desperdícios dos recursos não renováveis. As indústrias transformadoras da moda foram expandindo a sua produção, conduzindo as suas inovações além de fronteiras, através do desenvolvimento industrial e do aumento da população mundial que causou um aumento do consumo.

## **2.2 Impactos ambientais dos corantes artificiais e naturais**

A maior dificuldade da sociedade é utilizar os recursos naturais com equilíbrio. No mundo contemporâneo em que a sustentabilidade ecológica e o cuidado com os resíduos industriais, surgem como conceito, a exigência da sociedade é pela existência de uma indústria menos poluente, que tenha menos produtos químicos e que os recursos naturais sejam utilizados de forma racional, equilibrada e principalmente adequadamente preservados. A divulgação de técnicas sobre reutilização de materiais, e utilização de produtos naturais são de suma importância para mostrar o que se pode fazer com os produtos reduzindo a agressão à natureza.

Estima-se que entre 17% a 20% da poluição aquática advenha da indústria têxtil, o processo de tingimento é dos procedimentos que mais contribui para a contaminação de águas. Cerca de 15% dos corantes são desperdiçados durante o tingimento, estes vão acabar por poluir os circuitos de água e o subsolo (Jyotshana, Sharma, 2021, p.5).

A indústria têxtil tem grande valor económico, e é o segundo maior empregador. Mas mesmo com esses benefícios económicos, esse setor industrial abrange uma grande quantidade de recursos naturais, causando poluição das águas, decorrentes dos produtos utilizados para o tingimento. A maior parte do seu consumo ocorre nas etapas de tinturaria e acabamento, que produzem em torno de 50 a 100 L por quilo de tecido fabricado. Essas etapas são as mais graves devido à seu nível de complexidade e a relação dos produtos químicos utilizados, que têm persistência a diluição em meio aquoso, causando uma acentuada mudança de coloração nos rios, como mostrado na (figura 3) do rio de Buriganga em Bangladesh.

Figura 3: Água com corante nos rios de Buriganga em Bangladesh



Fonte: Fernando José de Souza (2020)

De acordo com Guaratini e Zanoni (1999 p. 66), do ponto de vista ambiental, a remoção da cor do banho de lavagem é um dos grandes problemas do setor têxtil. Estima-se que cerca de 15% da produção mundial de corantes é perdida para o meio-ambiente durante a síntese, processamento ou aplicação dos corantes, isso é preocupante, se considerarmos que isso representa um lançamento de cerca de 1,20 toneladas por dia desta classe de compostos para o meio-ambiente.

Efluentes coloridos são inaceitáveis do ponto de vista estético e podem desencadear problemas ambientais como dificuldade de reoxigenação da água e desequilíbrio do ecossistema aquático, diminuindo a atividade fotossintética do meio (Reck e Paixão, 2016).

Cabe-se destacar que nesses processos, quando despejados em grande quantidade, possuem a capacidade de influenciar a vida aquática. Segundo Almeida, Dillari e Corso (2016 p. 12), o descarte dos efluentes têxteis sem tratamento nos ambientes aquáticos podem levar rapidamente ao esgotamento do oxigênio dissolvido, tendo como consequência o desequilíbrio desse ecossistema. A existência de corantes nessas águas, impossibilita a entrada de luz solar nas camadas mais profundas, causando danos na qualidade e no aspecto das águas dos rios e mares, diminuindo o oxigênio para os seres aquáticos, e acúmulo de resíduos em plantas e outros organismos aquáticos, resultando em problemas para a fauna e flora.

Outro fator agravante é a poluição do ar, segundo Toniollo, Zancan, Wust (2015), a queima de óleos nas caldeiras libera dióxido de enxofre e gás carbônico, causando chuva ácida e efeito estufa.

De acordo com Avelar (2012 p. 43), normalmente nos descartes, tem altos teores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e micronutrientes, além de conter corantes com metais pesados e agentes patogênicos. Traços de metais pesados como, níquel, manganês, chumbo, cromo, aparecem constantemente em alguns resíduos industriais. Uma das justificativas para esses processos apresentarem diversidade de materiais, está associado às propriedades dos corantes utilizados.

Os corantes mais agressivos em termos de poluição, são eles: Corantes à Cuba: têm ótimas propriedades de fixação no algodão, mas podem causar sérios problemas ecológicos; Corantes de enxofre: produzem resíduos altamente tóxicos; Corantes pré-metalizados: os mais comuns usam complexos estáveis de cromo, que também geram uma desvantagem ecológica no tratamento dos resíduos (Narimatsu, 2020).

Já o pigmento natural apresenta inúmeros benefícios gerados, na qual podem reduzir os riscos à saúde, são sempre de fontes renováveis como das plantas, são biodegradáveis pois se decompõe mais facilmente do que os outros corantes, e também o estímulo que pode ser trago a partir desta indústria têxtil na qual podem contribuir para o aumento da economia dos locais de extração, sem danificar de maneira algumas meio ambiente.

Embora os corantes naturais ofereçam diversos benefícios, também apresentam alguns malefícios. Um deles é a poluição gerada pela limitada variedade de cores em comparação aos corantes sintéticos. Além disso, os corantes naturais tendem a ser menos estáveis à luz e à lavagem, resultando em um desbotamento mais rápido das roupas. Outro fator a considerar é a disponibilidade sazonal desses corantes, que podem ser obtidos apenas em determinados períodos do ano.

Sendo assim, o tingimento natural se apresenta como uma alternativa sustentável que pode minimizar os impactos gerados pelos corantes sintéticos tóxicos liberados na produção da indústria têxtil.



## 2.3 Pigmentos Naturais

Na antiguidade, os corantes usados eram extraídos, sobretudo, de flores, frutos, sementes, cascas e raízes de plantas ou também de insetos, através de vários processos, como a maceração, a destilação, fermentação, decantação, precipitação, filtração entre diversos outros processos. Contudo, a partir da descoberta dos corantes sintéticos em 1856 através do químico William Perkin visto na (Figura 4), os corantes naturais foram gradativamente sendo substituídos. Dentre os principais problemas associados ao uso e descarte dos corantes sintéticos, destacam-se as propriedades toxicológicas essencialmente aos corantes com grupo azo-aromático que atua como cromóforo em grande parte das células.

Figura 4: Criador do corante sintético



Fonte: National Portrait Gallery (1906)

Corante é uma tinta, um pigmento, ou outro tipo de substâncias que são produzidas a partir do processo de síntese, de extração, ou proveniente de outro modo, sendo de um vegetal, animal, mineral ou diferentes outras fontes, quando adicionado ou aplicado tem a capacidade de proporcionar uma cor (Schiozer, Barata, 2007 p. 32), os materiais utilizados como pigmentos dispõem de atributos originais que os tornam próprios para colorir diferentes materiais.

Desde a idade da pré-história que os pigmentos vêm sendo utilizados pela sociedade, e na maior parte das vezes eles foram utilizados para deixar a sua marca no mundo e simbolizar a passagem dos homens na Terra. Os materiais naturais começaram a ser usados para a pigmentação na Idade da Pedra. Um dos melhores exemplos deixados foram as pinturas rupestres de Lascaux em França (Figura 5), da era do Homem Cro-Magnon.

Figura 5: Pintura rupestre, 12000 a.C. Lascaux.



Fonte: Mc Evoy (2022)

Segundo Santos, Neta, Silva (2022 p. 42) a crescente demanda dos consumidores pelo consumo mais saudável motivou estudos e assuntos referentes aos corantes naturais, visando a estabilidade, desempenho, influência, análise sensorial, análise da cor dos corantes naturais frente a substituição dos corantes artificiais.

Dada a durabilidade destes pigmentos (terras coloridas, pó de rochas, carvão vegetal e colas vegetais e animais), as pinturas rupestres conservadas até aos dias de hoje, são um dos 13 vestígios mais evidentes da empregabilidade de compostos naturais com a finalidade de coloração em diversos momentos do cotidiano (Guimarães, 2018 p. 12).

Um bom corante têxtil deve possuir estabilidade à luz, à lavagem e à transpiração, além de possuir elevado grau de fixação para ser usado com eficiência no processo de fabricação. Possuem diversas vantagens, dentre elas, são biodegradáveis e de baixa toxicidade, apresentam maior valor comercial referente aos produtos sintéticos, além de apresentarem atividades antioxidantes e até antibióticas, atuando na prevenção do câncer.

Os corantes naturais obtidos por via biotecnológica apresentam vantagens frente aos corantes naturais de fontes convencionais (vegetais e animais), pois não estão sujeitos à sazonalidade, podem ser 4 produzidos ininterruptamente em

condições controladas e com rendimentos previsíveis e utilizáveis (Silva, Wesley, 2013, p.3).

A tintura de tecidos é uma técnica introduzida há milhares de anos atrás, tendo um diverso acesso e disponibilidade comercial de corantes em grande escala. Pigmentos sintéticos e naturais são utilizados a muito tempo em alimentos, medicamentos, cosméticos, tingimento de roupas, mobílias entre outros. Consumidores de produtos coloridos aumentaram a negação em relação ao uso de corantes artificiais. Ainda que os pigmentos naturais tenham menor estabilidade se comparados aos pigmentos artificiais, os naturais ganham cada ano uma nova porção no mercado.

Nos últimos tempos tem sido investigado pesquisas e inúmeras técnicas que envolvam a extração de corantes naturais com tecnologias já padronizadas, avançadas e até mesmo combinações de duas ou mais tecnologias, com o propósito de obter mais produtividade e menor consumo de tempo. Um dos métodos que vem sendo utilizado é o reaproveitamento de resíduos, uma técnica de menor custo para extração de pigmentos naturais, uma vez que tais resíduos possuem compostos bioativos, onde neles são encontradas propriedades benéficas para saúde na sua composição.

Há diversas maneiras de se extrair e obter corantes naturais, como por meio de alguns vegetais que possibilitam várias tonalidades de cores como observado na figura 6. O uso das cascas desses vegetais também é um fator importante para a extração do corante, tendo uma alternativa para que essas cascas inutilizadas não fossem diretamente jogadas ao lixo sem nenhum fim. Além disso, o estudo de espécies de árvores usadas como corantes naturais, já é aplicado e utilizado no Brasil.

Figura 6: Portfólio da variedade de tons com ingredientes naturais



Segundo Meléndez-Martínez, Vicario, Heredia (2004 p. 87) os carotenóides são uma família de compostos pigmentados, lipossolúveis, podendo possuir pigmentos amarelos, alaranjados ou avermelhados, são sintetizados por microrganismos e plantas. Os mesmos são classificados de acordo com o oxigênio presente em sua estrutura química, sendo carotenos, que não contém oxigênio, e xantofilas, que contém oxigênio. Essa substância química é responsável pela pigmentação de flores, plantas e muitos vegetais.

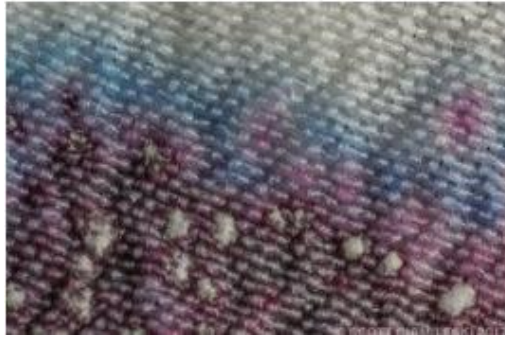
O betacaroteno, é responsável pelo pigmento de cor laranja, é uma das formas de se conseguir de forma indireta a vitamina A no organismo humano. As bactérias produtoras deste pigmento são as: *Pseudomonas putida*, as microalgas: *Dunaliella salina*, *Spirulina*, a levedura *Rhodotorula glutinis*, os fungos filamentosos: *Blakeslea trispora*, *Phycomyces blaskelleanus* e *Mucor circinelloides*, e os vegetais: Cenoura, Mamão. A astaxantina possui uma coloração rosa-avermelhada e pode ser considerado como um componente nutricional natural e um antioxidante, os microrganismos que produzem esse pigmento são: *Pseudomonas sp.*, *Paracoccus sp.* e *Halobacterium salinarium*; microalga *Haematococcus pluvialis*; e os fungos e leveduras *Phaffia rhodozyma* e *Xanthophyllomyces dendrohous*.

A investigação desses seres-vivos pode trazer diversos benefícios, os microrganismos são produtores de enzimas e a partir da sua escolha correta, sua produção pode se multiplicar, por possuir baixo custo e facilidade de manipulação.

A partir dos pigmentos microbianos é possível encontrar os bacterianos que são extraídos das bactérias, que são usados na criação de enzimas, antibióticos e pigmentos. Dessa maneira, pode haver uma opção possível e uma resposta para a diminuição do uso de corantes sintéticos. Todavia, é essencial o trabalho contínuo nas linhagens bacterianas para as refinar e melhorá-las para serem utilizadas no âmbito industrial.

Segundo Duarte (2021) oferecer para futuras gerações um material contendo conhecimentos teóricos sobre o tingimento de tecido por meio de microrganismos (figura 7), sendo eles fungos, bactérias e algas é de extrema importância.

Figura 7: Pedaco de tecido tingido através de bactéria



Fonte: Chimileski (2017)

Embora existam alguns estudos descritos na literatura ligados a extração de pigmentos através das bactérias, ainda existem resultados de otimização escassos, que não demonstrem inúmeras barreiras na extração do pigmento em larga escala, sendo que os métodos disponíveis para a aplicação dos corantes também são escassos. Dessa maneira, existem técnicas que permitem o crescimento bacteriano em meio líquido e sólido e age diretamente no material têxtil.

Uma das hipóteses para garantir a sustentabilidade surge a partir da exploração de microrganismos (bactérias), pois são capazes de produzir diversos bio-produtos, sendo um deles os pigmentos. Assim, a produção de pigmentos bacterianos como corantes naturais tem sido investigada por vários entusiastas desta área. A indústria é agora capaz de produzir alguns pigmentos bacterianos para aplicações em alimentos, cosméticos, têxteis, etc (Guimarães, 2018 p. 21).

Uma das aplicações interessantes desses pigmentos é uma nova alternativa no âmbito da fotoproteção, pois pode minimizar os impactos causados pela radiação ultravioleta, responsável pela alta incidência do câncer de pele. Entretanto, deve-se analisar essa aplicação pois pode possibilitar estresse hídrico.

## **2.4 Comparação com os corantes sintéticos**

Os impactos ambientais precisam ser levados em consideração em todas as fases de produção de um novo produto de moda, desde o princípio da matéria-prima até ao momento em que para de apresentar uso ao consumidor final. A indústria têxtil demonstra tendência a considerar uma consciência global ecológica, com roupas sustentáveis para que ocorra menores emissões de CO<sub>2</sub>, diminuição do uso de água e uma utilização moderada dos corantes sintéticos para preservar a natureza.

Nesse contexto, urge a necessidade de diminuir a pegada ambiental gerada pela indústria têxtil, a substituição dos corantes sintéticos por outros advindos de pigmentos naturais tem sido foco de diversos estudos e desenvolvimento de novas vias de coloração através dos pigmentos naturais.

Segundo Guimarães (2022 p. 68) devido às suas características nutritivas, os pigmentos naturais apresentam propriedades na área da saúde humana e por apresentarem agentes biológicos favoráveis, (antioxidantes, anti-inflamatórios e agentes anticancerígenos), esses pigmentos apresentam não apenas a capacidade de ampliar a comercialidade dos produtos, assim como garantem a proteção quanto a sua utilização.

Os pigmentos bacterianos demonstram um novo recurso para que haja uma diminuição na contaminação de águas residuais e apresenta a vantagem de possuir características positivas para os seres humanos, tal como suas propriedades antivirais, anticancerígenas, antimicrobianas, anti-inflamatórias, antitumorais, entre outras.

A estamparia é um modo de tingimento específico, conforme observado na figura 8, resultando em formas representativas ou abstratas. De acordo com Nóbrega (2017 p. 20), ao longo desse processo, são realizadas mais fixações do corante, e dessa forma, ocorre mais gastos com água e componentes químicos para fixar a estampa. São efetuadas também determinadas lavagens do tecido com o intuito de diminuir o risco de desbotamento e manchas pelo indivíduo.

Figura 8: Estamparia manual



Fonte: Stamp world (2011)

Segundo Motta (2023 p.32), as enzimas bacterianas apresentam vantagens em comparação às enzimas vegetais, pelo seu crescimento mais ágil, sua maior estabilidade e por seu crescimento não depender necessariamente de suas sazonalidades. O uso da

pigmentação bacteriana é mais sustentável, diminui o consumo de água, ajuda na conservação de energia, poupa recursos e reduz as emissões de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

## 2.5 Desafios e limitações

Segundo Souza (2023 p.52) por mais que seja uma ferramenta importante há várias delimitações relacionadas a esse método, como por exemplo a escolha dos microrganismos e extrações em larga escala. Todos os microrganismos têm habilidade e competência de criar os pigmentos ou de crescer em certas condições necessárias para realizar o processo de tingimento. Contudo, a seleção dos microrganismos é fundamental. Uma diversidade de grupos de bactérias, fungos, leveduras e algas vêm sendo amplamente estudados pela capacidade de serem fontes de pigmentos (figura 9).

Figura 9: Tecido tingido com pigmento natural desenvolvido por *Chieza*



Fonte: Design Culture (2018)

A escassez de conhecimento sobre tingimento com corantes naturais, faz com que a indústria têxtil tenha pouco reconhecimento, o resultado obtido a partir do tingimento causa baixo rendimento e reprodutibilidade para outras empresas.

Embora o custo do pigmento bacteriano seja considerado maior em comparação com os corantes convencionais, o custo da produção pode ser diminuído através da utilização de resíduos de biomassa como cascas de frutas, bagaço de cana de açúcar e melaço como incentivo de aumento do meio de cultivo para as bactérias. O uso de

estirpes bacterianas selvagens, afastadas localmente, extingue o custo de diversas alterações genéticas.

Alguns desafios postos pela sua produção podem ir de bactérias complicadas de tingir, por terem paredes celulares complexas e que necessitam métodos específicos, até as que podem causar também danos ao organismo. Devido a esses obstáculos e limitações o tingimento bacteriano é comumente utilizado em conjunto com outras técnicas, como culturas bacterianas, testes bioquímicos ou métodos moleculares dando uma imagem mais clara e bem resolvida do organismo.

## **2.6 Projetos e Iniciativas Sustentáveis**

Segundo Guimarães (2018 p. 24), a moda é uma maneira de conhecer o mundo, é capaz de transmitir a personalidade da sociedade e permite diferenciar as pessoas umas das outras. Ao longo do tempo, e nas diferentes eras, o vestuário enfatiza uma influência cultural, permanecendo como um modo de distinção entre os blocos sociais, prevalecendo, assim, como instrumento de afirmação e empoderamento entre as mulheres, principalmente durante o século vinte.

A indústria da moda é responsável por gerar mais de bilhões de dólares a partir da produção de matéria prima até a última etapa de comercialização dos produtos. Com a evolução contínua expandindo a nível global e o crescente aumento da população, há o desencadeamento do alto consumo que gera o desperdício de vestimentas e outros fatores que ameaçam e impactam o meio ambiente.

O ritmo do consumo na sociedade contemporânea tem sido uma tendência de longa data, mas nos tempos atuais, essa dinâmica atingiu proporções enormes, acarretando uma série de impactos no meio ambiente. Os consumidores já não são apenas coadjuvantes nessa narrativa, mas sim protagonistas, exercendo poder de escolha por meio de suas decisões.

A moda repensada como sustentável, não só proporciona um novo fazer mais natural e ecológico, mas também formas de economia e política voltadas para um desenvolvimento local e social mais humano e um novo pensamento de consumo (Abreu, 2016 p. 6).

De acordo com Galleli (2015 p.45), em 1980 iniciou-se a cultura de algodão orgânico de roupas ecológicas fundamentada no cuidado com o meio ambiente e direcionada pelo processo de sustentabilidade de algo menos poluente, todo esse



cuidado é guiado para a habilidade de criar produtos com uso eficiente dos recursos, considerando a questão ambiental, social e econômica.

O eixo fashion está expandindo seu mercado e encontra dentro da sustentabilidade uma oportunidade para ampliar seus negócios como é visto na figura 9, que exhibe a nova coleção sustentável da H&M feita através de pigmentos vegetais, e a moda se apresenta como um fenômeno efêmero, temporal, cultural, antropológico, contextual e conceitual na qual com diversas dimensões é um sistema que acompanha o vestuário e integra o uso de roupas diárias.

Figura 11: Look da coleção Innovation Color Story - H&M



Fonte: Fashion Network, 2021

Antigamente, consumir objetos duráveis e de valor transmitia uma mensagem de respeito pessoal, confiança e preocupação com a durabilidade a longo prazo. No entanto, com a evolução dos indivíduos e a durabilidade a longo prazo. No entanto, com a evolução dos indivíduos e a liberdade de escolha que cada um possui para atender suas necessidades no momento presente, os bens duráveis perderam parte de seu apelo. Na atual sociedade, o que ganha destaque é a rapidez, conforme Sousa (2015 p.30).

Hoje em dia, de acordo com as observações de Fletcher (2010 p. 9), especialmente com o desenvolvimento da indústria da moda, as roupas são produzidas em escala industrial e se tornaram itens essenciais do cotidiano. A moda não representa apenas uma necessidade material, mas também uma busca por afeto, compreensão, aceitação, identidade, prazer e senso de pertencimento. Nesse contexto, diferentes

aspectos da indústria convergem, unidos elementos materiais e imateriais de mesma dinâmica.

## **2.7 Microbiologia e a sua relação com a Biotecnologia**

Inicialmente com a descoberta do microscópio e da existência de microrganismos, cientistas buscaram investigar sua originalidade. Analisando as estruturas microscópicas de sementes, de animais invertebrados, embriões de vegetais, sangue, entre outros. Pesquisas que podem ajudar e auxiliar no enriquecimento constante da biologia.

O holandês Anton van Leeuwenhoek em 1676 nos apresentou os principais microrganismos que vemos hoje através do microscópio, como protozoários, fungos, algas e bactérias. Conhecer mais da sua distribuição no meio natural, relações com a extensa diversidade de seres vivos, seus benefícios e malefícios para a sociedade e alterações físicas e químicas que provocam no meio ambiente.

Execuções laboratoriais de microbiologia abrange o preparo de meios de cultivo, com substâncias distintas e diferentes colorações para que a análise a respeito da estrutura dos microrganismos seja eficaz. Segundo a EMBRAPA (1998), no campo da microbiologia, corantes têm papel relevante na contagem direta de bactérias no meio ambiente.

A biotecnologia, como um exemplo, se trata de uma ciência no qual usa-se recursos naturais para fornecer conhecimento e inseri-lo no mercado, proporcionando um proveito dos recursos genéticos e biológicos, assim como valor às pesquisas.

As relações constantes da moda estão diante aquilo denominado revolução biotecnológica. O design têxtil por meio de organismos vivos e bactérias é um âmbito projetado para revolucionar a indústria por resoluções transformadoras na área dos têxteis biológicos, através da criação, progresso de novos materiais e até mesmo da reciclagem (Duarte, 2021).

Preservação e a utilização responsável dos recursos, foram tópicos necessários no surgimento de empresas e também laboratórios de biotecnologia em âmbito internacional e também nacional, para conseqüente e crescente da busca dos consumidores por métodos ou produtos sustentáveis, como é visto na figura 12.

Figura 12: Exposição “Interface interlace” com utilização de biotécidos



Fonte: Museu do Amanhã, 2017

### 3 METODOLOGIA

Para abordar o problema de investigação colocado, foram feitas pesquisas bibliográficas abrangentes para identificar os principais conceitos, avanços e lacunas no campo do tingimento sustentável para informações e detalhes do respectivo tema. Junto a pesquisas exploratórias, com metodologias qualitativas que nos permite uma compreensão profunda, explorando e analisando detalhadamente as experiências e possibilidades existentes relacionadas ao estudo.

Com esse propósito, foi planejado um método experimental, para a iniciação da extração de pigmentos por meio de vegetais e bactérias visando um futuro mais sustentável. A realização contou com práticas laboratoriais conduzidas pelo grupo, na Escola Técnica Estadual (ETEC) Cônego José Bento.

#### 3.1 Seleção do tecido e Preparo do mordente

Inicialmente, começou-se a prática medindo e cortando o tecido que se utilizou para a amostragem da cor (Figura 13), cujo material é composto por 100% de algodão.

Figura 13: Medidas



Fonte: Autores, 2024

Após o procedimento, preparou-se o mordente para que houvesse a fixação do corante no tecido, em seguida pesou-se 2 gramas de Pedra Hume, correspondendo a 10% do peso do tecido (Figura 14)

Figura 14: Pesagem Pedra Hume



Fonte: Autores, 2024

Figura 15: Fervendo o tecido



Fonte: Autores, 2024

Logo após, ferveu-se o tecido junto a 200ml de água durante 15 minutos (Figura 15), para que houvesse a finalização e aplicação do mordente no tecido.

### 3.2 Extração do pigmento das cascas de cebola

Com o tecido de amostra pronto para receber a pigmentação, adicionou-se 2 gramas de cascas de cebola (Figura 16) com 200 ml de água, e ferveu por 20 minutos (Figura 17)

Figura 16: Pesagem



Fonte: Autores, 2024

Figura 17: Preparando para ferver



Fonte: Autores, 2024.

Logo depois, retirou-se o tecido e deixou-se secar por uma hora. Logo em seguida o lavou com 250ml de água e sabão neutro para realização do teste de lavagem no tecido de amostra.

### 3.3 Extração do pigmento de repolho roxo

No primeiro teste, foi-se utilizado uma pequena quantidade de repolho picado, (Figura 18) após isso foi adicionado 300ml de água a um béquer juntamente com o repolho, e em seguida foi levado ao bico de Bunsen até alcançar fervera e extrair a cor (Figura 19).

Figura 18: Repolho no béquer



Fonte: Autores, 2024

Figura 19: Preparação do corante



Fonte: Autores, 2024

Subsequente, adicionou-se o corante obtido em uma placa de Petri (Figura 20), em que o tecido foi guardado por 24 horas. Após esse tempo, foi feito o mordente (Figura 21), no qual utilizou-se uma xícara de vinagre para quatro xícaras de água, ambas adicionadas em uma panela fervente, durante quinze minutos, junto ao tecido.

Figura 20: Corante sendo despejado



Fonte: Os autores, 2024

Figura 21: Preparo do Mordente



Fonte: Os autores, 2024

Passados os sete dias, foi feito o teste de lavagem (Figura 22), em que foi adicionado o detergente e a água até cobrir o tecido para seguida ser feita a lavagem (Figura 23).

Figura 22: Teste de lavagem



Fonte: Autores, 2024

Figura 23: Tecido lavado



Fonte: Autores, 2024

Posteriormente, para o segundo teste, foram feitos os experimentos utilizando o repolho roxo com o tecido já preparado com o alúmen de potássio, cortando-se o vegetal (Figura 24) e para esse teste, utilizou-se 40 gramas para 3 partes do tecido (Figura 25).

Figura 24: Cortando o repolho



Fonte: Autores, 2024

Figura 25: Peso repolho



Fonte: Autores, 2024

Após isso, foi medido 200ml de água (Figura 30) e foi adicionado a panela por 20 minutos (Figura 26) junto ao tecido pronto para receber a cor devido ao uso prévio do mordente escolhido, que foi o alúmen de potássio e adicionou-se 2 gramas de bicarbonato de sódio.

Figura 26: Repolho fervido ao tecido    Figura 27: Teste de lavagem



Fonte: Autores, 2024



Fonte: Autores, 2024

Após 24 horas o tecido foi retirado do corante, e o teste de lavagem foi aplicado ao tecido (Figura 27), com 250mL de água até cobrir o pano junto ao sabão neutro.

### 3.4 Extração de pigmentos da beterraba

O processo foi iniciado separando duas beterrabas que foram descascadas, lavadas e cortadas em pedaços menores (Figura 38) para facilitar a extração do corante.

Figura 28: Beterrabas sendo cortadas e descascadas.



Fonte: Autores, 2024

Sucessivamente em uma panela foram adicionados os pedaços de beterraba e fervidos por 20 minutos com água (Figura 39). Durante esse processo de fervura, dentro da panela foi adicionado uma colher de Bicarbonato de Sódio (Figura 40), para facilitar a fixação da cor no tecido.



Figura 29: Beterrabas sendo fervida



Fonte: Autores, 2024.

Figura 30: Bicarbonato adicionado



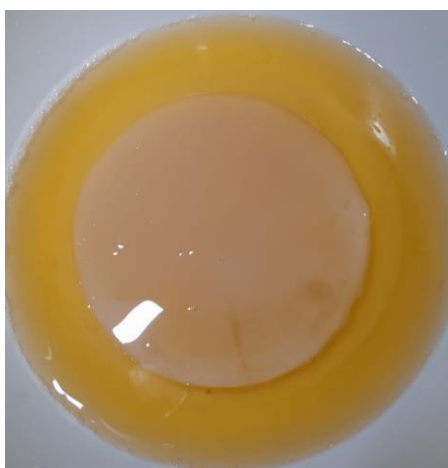
Fonte: Autores, 2024.

Após este período de fervura, com o auxílio de uma colher adicionou-se no tecido a água fervida misturada com a beterraba para o tingimento (Figura 55). Em seguida, deixando o mesmo secar em um saco ziploc.

### 3.5 Extração do pigmento da Kombucha

Posteriormente, foi realizada a preparação da bactéria do kombucha, em um recipiente foi colocada a celulose bacteriana com 300ml de chá verde para sua preservação, como mostrado na (figura 30).

Figura 31: Celulose Bacteriana adicionada com 300 ml de chá verde



Fonte: Autores, 2024.

Logo em seguida, foi acrescentada mais duas medidas de 500ml de água e levou-se ao fogo, após atingir o ponto de fervura (Figura 31), foi adicionado quatro sachês do mesmo chá, com adição de 8 colheres de açúcar refinado. Após isso, esperou-se o chá esfriar e o colocou em um pote de vidro (Figura 32), complementando com os 300 ml do chá e o biofilme do outro recipiente.

Figura 32: Chá verde sendo fervido



Fonte: Autores, 2024.

Figura 33: Chá armazenado



Fonte: Autores, 2024.

Depois de uma semana foi separado em um outro reservatório 100 ml do chá fermentado, e o tecido foi adicionado (Figura 37), permanecendo 24 horas sobre imersão.

Figura 34: Tecido sobre imersão



Fonte: Os autores, 2024.

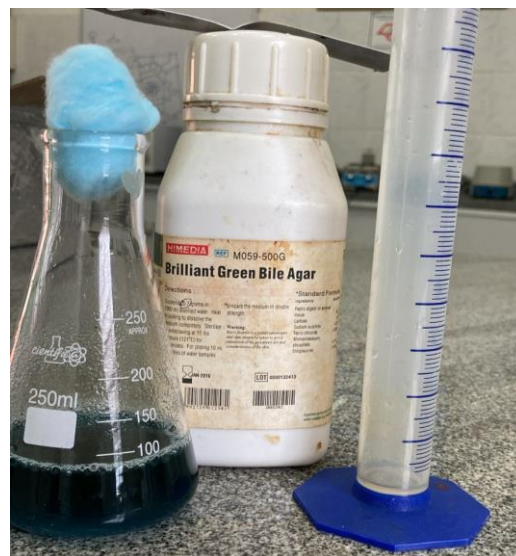
Logo após o tecido seco e pigmentado, foi realizado o teste de lavagem em 250ml de água junto ao sabão neutro, para observação da fixação da cor.

### 3.6 Extração de pigmentos bacterianos sob coleta e preservação de amostra do solo

Para a iniciação do procedimento escolheu-se o meio de cultura para melhor proliferação das bactérias, o Brilliant Green Bile Agar, separou-se os materiais utilizados para a higienização dos mesmos (Figura 41), 1 Erlenmeyer, 1 provetas, 1 vidros relógio, 3 placas de Petri e 1 bastão de vidro, os equipamentos foram higienizados com água, detergente e água destilada seguidamente os de vidro foram colocados por 1 minuto nas potências 100, 50 e 10 e os de plástico na potência 10 por 30 segundos.

Em seguida, pesou-se 2,0 gramas de Brilliant Green para 100ml de água destilada. Após a pesagem misturou-se a solução no Erlenmeyer com o bastão de vidro, e colocou-se no bico de Bunsen até alcançar os primeiros pontos de fervura.

Figura 35: Meio de cultura Brilliant Green Bile Agar



Fonte: Autores, 2024.

Após a solução atingir uma temperatura menor, flambou-se o bico do Erlenmeyer 3 vezes no bico de Bunsen e despejou-se o meio nas 3 placas até cobrir o fundo da mesma e deixou-se na geladeira por 48 horas.

Posteriormente os dois dias, realizou-se a coleta numa proveta de 100mL do solo da horta da instituição escolar ETEC Cônego José Bento, misturou-se em 2L de água, peneirou (Figura 42) e deixou-se decantar por 10 minutos. Em seguida transferiu-se para 4 tubos Falcon de 10ml, e colocou-os na centrífuga por 4 minutos totais (Figura

43), após a decantação dos 4 tubos colocou-se algodão para não ocorrer contaminações indesejadas.

Figura 36: Peneiração da amostra do solo



Fonte: Autores, 2024.

Figura 37: Centrífuga



Fonte: Autores, 2024.

Seguidamente pegou-se uma das placas de meio de cultura e contaminou-a com 5 gotas da solução feita com a amostra do solo e com auxílio da alça de Drigalski espalhou-se uniformemente sobre a placa, após 4 dias a placa se encontrava com uma grande parcela de bactérias da cor rosa, com a alça de platina raspou-se toda a parte que se encontrava as bactérias (Figura 44) e misturou-se com 100ml de água destilada e ferveu-se por 15 minutos, e então colocou-se o tecido 100% algodão já com o mordente dentro da mistura, e deixou-o esfriar na geladeira por 4 dias, e alcançou o resultado positivo (Figura 45), e realizou-se o teste de lavagem que também houve o resultado esperado, e para a confirmação científica realizou-se os mesmos procedimentos mais 2 vezes.

Figura 38: Retirada das bactérias



Fonte: Autores, 2024.

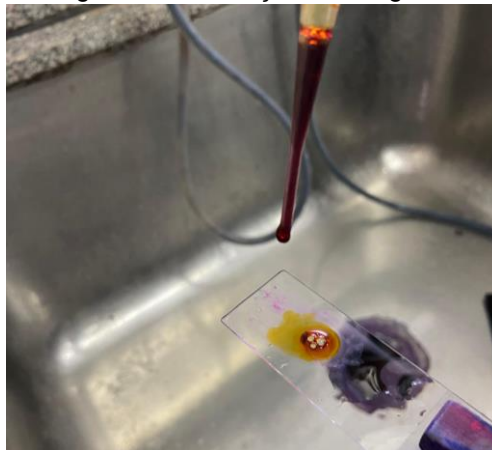
Figura 39: Amostra de tecido tingido



Fonte: Autores, 2024.

E para realizar a identificação da bactéria que se proliferou utilizou-se o método de coloração de Gram, a partir do esfregaço que foi realizado aquecendo a alça de platina, coletando a amostra e passando na lâmina, e aquecendo a mesma no bico de Bunsen por 3 segundos de cada lado, foi realizado o processo de coloração, com uma pipeta Pasteur foi adicionado o corante Violeta de Gram deixou-se agir por um minuto e enxaguou-se, o Lugol de Gram esperou-se o mesmo tempo para o enxágue (Figura 46), na terceira adição foi o Álcool Acetona que por sua vez, para ser enxaguado passou-se apenas 15 segundos, e por fim, a Safranina que esperou-se 30 segundos para o enxágue. E em seguida, analisou-se a lâmina no microscópio.

Figura 40: Coloração com lugol



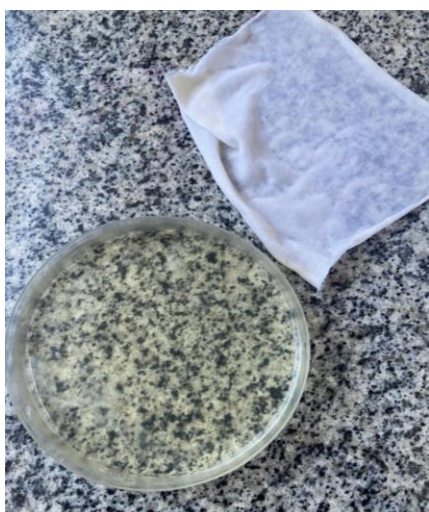
Fonte: Autores, 2024.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os testes realizados com pigmentos à base de produtos vegetais e bacterianos mostraram resultados promissores, a durabilidade dos pigmentos naturais foi comparável aos corantes sintéticos, com ambos mostrando boa resistência à lavagem e à exposição ao sol. No entanto, alguns pigmentos vegetais apresentaram leve desbotamento após várias lavagens, indicando a necessidade de aprimoramentos no processo de fixação.

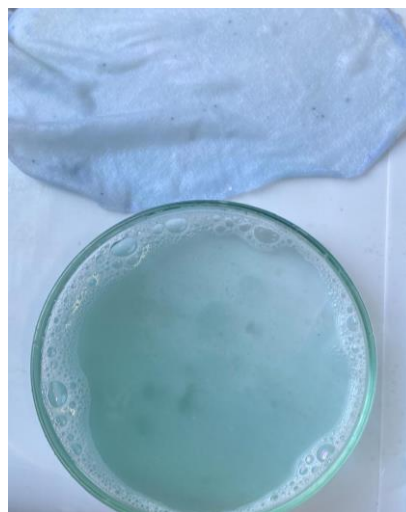
Com a execução e análise dos primeiros testes dos vegetais, beterraba e repolho roxo, não se obteve sucesso pelo tipo diferente de mordente, ordem de aplicação, falta de medidas utilizadas e a substância presente na beterraba, chamada Betalaína um pigmento hidrossolúvel, que evapora devido à alta temperatura, perdendo a pigmentação do vegetal (Bovi, 2019). O mordente foi aplicado posteriormente à pigmentação do tecido, feito com 4 xícaras de água e 1 de vinagre, e juntamente aos ingredientes utilizados não pesados, não se resultou no esperado. Logo os tecidos perderam a cor com a realização do teste de lavagem (Figura 47), (Figura 48). Para solucionar esse impasse é necessário a utilização do mordente antes do tingimento, medir o tecido e evitar altas temperaturas no tingimento da beterraba.

Figura 41: Beterraba após teste de lavagem



Fonte: Autores, 2024.

Figura 42: 1º Repolho após teste



Fonte: Autores, 2024.

Diante do resultado, mudou-se a metodologia, aplicando o mordente corretamente, pesando os ingredientes e deixando descansar por um período de 24

horas, no qual ocorreu-se com exatidão, fixando o corante apenas na amostra do repolho roxo, sucedendo a cor azul (Figura 59).

Figura 43: Pigmento fixado na amostra



Fonte: Autores, 2024.

A pigmentação natural a partir da casca da cebola demonstrou fácil aderência ao tecido devido a utilização prévia do mordente, conjuntamente com a quantificação adequada dos materiais utilizados, diferenciando-se dos primeiros experimentos (Figura 50). A partir da metodologia correta, apresentou uma forte coloração nos primeiros minutos de fervura, devido o componente presente na casca responsável pela produção da cor (*Allium cepa*), dividindo-se em dois grupos: as antocianinas que são as responsáveis pela coloração vermelha de alguns cultivares e, os flavonoides (quercetina e campferol) que são os responsáveis pelas escamas amarelas e marrons da maioria dos cultivares (Leite et al., 2009)

Figura 44: Pigmento da casca fixado



Fonte: Autores, 2024

Baseado nas análises, o biofilme da kombucha, também conhecido como SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast), é formado por uma celulose bacteriana, com aspecto gelatinoso, as bactérias responsáveis são a *Komagataeibacter oboediens* e a *Gluconacetobacter xylinus*. Segundo Sobrinho, et. al, (2021) essas espécies são dominantes na comunidade bacteriana e a principal contribuinte de fermentação e celulose bacteriana na kombucha. A rápida absorção da cor, foi ocasionada devido aos componentes originários da fermentação, como o ácido orgânico, e a junção de polifenóis, que são compostos bioativos originários das ervas usadas no preparo do chá. De acordo com Santos (2016), quando estes sofrem a ação da polifenoloxidase, dão origem a teaflavinas, que apresentam uma cor amarelada ou acobreada. Com base no experimento, a cor foi absorvida alcançando o resultado esperado, auxiliando o surgimento da cor bege (Figura 51).

Figura 45: Amostra com o pigmento



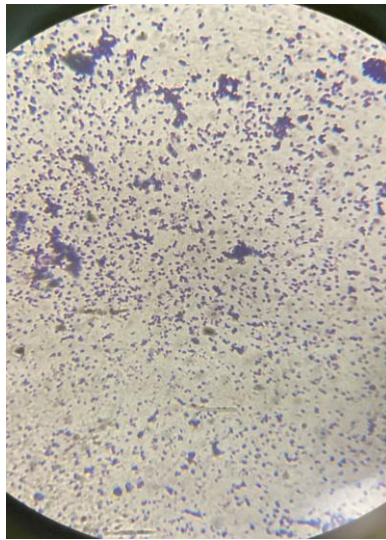
Fonte: Autores, 2024

Em relação ao tingimento de origem bacteriana do solo, “O solo é o habitat de diversos microrganismos, entre eles as bactérias benéficas consideradas promotoras do crescimento de plantas” (Silva, et al., 2016). As bactérias presentes no solo são de suma importância para a produção de diversos agentes de biocontrole, como os *Bacillus* que ajudam no controle de doenças como no controle de doenças do filoplano.

Com a análise no microscópio com auxílio do óleo de imersão na objetiva 100x consideramos que a bactéria que se proliferou a partir da coleta de amostra do solo foi do Gênero *Bacillus*, que foi comprovado por meio das triplicatas, gerando o resultado esperado.



Figura 47: Análise 1



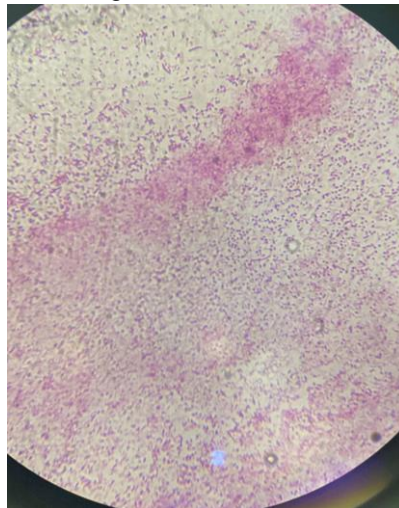
Fonte: Autores, 2024

Figura 48: Análise 2



Fonte: Autores, 2024

Figura 49: Análise 3



Fonte: Autores, 2024

A maior parcela da população microbiana do solo é representado pelas bactérias e sendo maior de 80% delas identificadas como *Bacillus* (Rebière, 2015), e além disso pela análise morfológica (Figura 53), que segundo Paixão et al. (2015) apresentam formato em bastão, sendo móvel, em sua maioria gram positiva como a que analisou-se e encontradas no solo de variáveis lugares do mundo, e a única bactéria patogêna estrito desse gênero é a *Bacillus anthracis*.

E para a desinfecção para realizar a inativação total do *Bacillus* spp. utilizou-se peróxido de hidrogênio, de acordo com França et al., (2008) este componente possui efeitos bactericidas,

“Quando liberado no solo é degradado por reação com outros compostos.”(Cetesb, 2020) é uma solução que não degrada o meio ambiente pois se decompõe com facilidade em oxigênio e água a partir da liberação de calor, mas em baixas concentrações como a utilizada sendo de volume 10.

A análise do ciclo de produção revelou que os pigmentos naturais possuem impactos ambientais significativamente menores do que os corantes sintéticos. A produção de pigmentos vegetais requer menos água e energia, e os resíduos gerados são biodegradáveis. Os pigmentos bacterianos, embora exijam instalações especializadas para fermentação, apresentam um impacto ambiental reduzido devido ao uso de resíduos orgânicos como substrato.

A partir disso, observou-se também que o custo benefício para a fabricação de pigmentos vegetais e bacteriana a partir da kombucha em grande escala pode ser vantajoso, pois é possível realizar parcerias com empresas alimentícias para reutilizar os resíduos dos vegetais. Dessa forma, reduzindo os gastos das indústrias têxteis. Já a bacteriana proveniente da amostra do solo requer mais investimentos devido a equipamentos e reagentes laboratoriais como o meio de cultura, vidrarias e materiais para esterilização.

Figura 46: Tecidos tingidos



Fonte: Autores, 2024.

## 5 CONCLUSÃO

Este estudo conseguiu alcançar o objetivo esperado de desenvolver pigmentos à base de produtos vegetais e bacterianos a partir da kombucha e da amostra do solo, apesar de todas as limitações estruturais ocorridas. E revelou que o tingimento com corantes naturais representa uma alternativa viável e sustentável em relação aos corantes sintéticos, que são amplamente utilizados pela indústria têxtil, mas geram impactos ambientais significativos. Ao explorar matérias-primas naturais — como a ação de bactérias e vegetais -- torna-se possível não apenas reduzir o uso de produtos químicos tóxicos, mas também promover uma cadeia produtiva mais ecológica e respeitosa ao meio ambiente.

Através de análises de processos de extração e fixação de corantes naturais, foi demonstrado que os corantes vegetais e bacterianos possuem boa aderência às fibras, desde que os tecidos tenham sido previamente preparados com o uso de mordentes, esses corantes são capazes de produzir cores vibrantes e em harmonia com os princípios da sustentabilidade. Ainda que algumas limitações tenham sido identificadas, como a instabilidade de cor de alguns vegetais e a menor durabilidade em comparação com os sintéticos. Porém, os avanços tecnológicos e as pesquisas em biotecnologia têm potencial para aprimorar a fixação dos corantes naturais e explorar o potencial das bactérias pigmentantes, para que os patógenos sejam desativados e explorem uma gama maior de cores.

Conclui-se que o tingimento sustentável com recursos naturais oferece uma oportunidade relevante para reduzir os impactos ambientais da indústria têxtil, sendo, portanto, um campo promissor para inovação e desenvolvimento de práticas mais sustentáveis. Além disso, a adoção e promoção de corantes vegetais e bacterianos em maior escala podem fortalecer a economia e valorizar o uso responsável dos recursos, adicionando valor competitivo e inovação para as empresas que prezam pela sustentabilidade no eixo têxtil. Para que essa prática se torne mais difundida, é essencial que sejam implementadas políticas de incentivo e que haja investimento contínuo em pesquisa e desenvolvimento para aprimorar a qualidade e a competitividade desses corantes no mercado, para que progressivamente seja utilizado de maneira equivalente ou superior aos sintéticos, visando maior qualidade do meio ambiente.

## 7. Referências

AMANHATECA. Entrelaçamento de interfaces. Disponível em :

[https://amanhateca.org.br / interface -interlace /](https://amanhateca.org.br/interface-interlace/) . Acesso em: 28 mar. 2024.

BARBIERI, José Carlos. Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. 2010. 2 v. Tese (Doutorado) - Curso de Sustentabilidade, Fundação Getúlio Vargas, Escola de Administração de Empresas de São Paulo, São Paulo, Brasil, São Paulo, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-75902010000200002>. Acesso em: 10 ago. 2024

BLOG DA UNICAMP. SILVA, GMV Plantas tintoriais: O resgate cultural e científico. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2021. Disponível em: <https://www.blogs.unicamp.br/descascandoaciencia/2021/07/20/plantas-tintoriais-o-resgate/> . Acesso em: 12 out. 2024.

CETESB. Peróxido de hidrogênio. Brasil: Fit, 2012. 2 p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2018/06/Peroxido-hidrogenio.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2024.

CHIMILESKI, Scott; FRANKLIN, Michael J.; PAPKE, R. Thane. Biofilms formed by the archaeon *Haloferax volcanii* exhibit cellular differentiation and social motility, and facilitate horizontal gene transfer. *BMC biology*, v. 12, p. 1-16, 2014. Disponível em: <https://asm.org/Articles/2017/November/bacterial-dyes-in-fashion>. Acesso em: 25 set. 2024.

DE LEMOS BOVI, Débora Cristina Maciel et al. Determinação dos teores de betalaína e composição centesimal de beterraba in natura e tipo chips. *Brazilian Journal of Food Research*, v. 10, n. 2, p. 80-92, 2019. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa/article/download/9521/pdf#:~:text=O%20pigmento%20predominante%20na%20beterraba,rico%20nas%20suas%20atribui%C3%A7%C3%B5es%20nutritivas>. Acesso em: 12 out. 2024.

DIALNET. TEIXEIRA, J. Biostudio: tingimento e estamparia de tecidos orgânicos utilizando bactérias. 2. ed. La Rioja: Dialnet, 2018. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6277804> . Acesso em: 9 atrás. 2024.

DW. DW. As bactérias podem mudar a técnica de tingimento na indústria. DW Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/bact%C3%A9rias-podem-mudar-t%C3%A9cnica-de-tingimento-na-ind%C3%A9stria/v%C3%ADdeo-48252714> . Acesso em: 23 jun. 2024.

EMBRAPA. SOUZA, REA Sazonalidade do Clima e a Cafeicultura em Minas Gerais. Campinas: Embrapa, 1994. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/624261/1/doc050.pdf> . Acesso em: 12 fev. 2024.

FRANÇA, Tanos Celmar Costa et al. A questão da defesa contra agentes de guerra biológica nas Forças Armadas e no Brasil. *C&T: Revista Militar de Ciência e Tecnologia*, v. 27, p. 56, 2008. Disponível em:

[https://web.archive.org/web/20180410113716id\\_/http://rmct.ime.eb.br/arquivos/RMCT\\_2\\_quad\\_2008/defesa\\_contra\\_agentes\\_bio.pdf](https://web.archive.org/web/20180410113716id_/http://rmct.ime.eb.br/arquivos/RMCT_2_quad_2008/defesa_contra_agentes_bio.pdf) Acesso em: 10 out. 2024.

GUARATINI, Cláudia C. I. *et al.* Corantes têxteis. 2000. 8 v. TCC (Graduação) - Curso de Química, Departamento de Química Analítica - Instituto de Química -, Araraquara- Sp, 2000. Cap. 4. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422000000100013>. Acesso em: 09 ago. 2024

IFRN. SILVA, CC Pigmentos de Origem Natural para Uso Sustentável na Indústria Têxtil. Mossoró: Instituto Federal do Rio Grande do Norte, 2023. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1239>. Acesso em: 1 mar. 2024.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. Bactérias encontradas em todos os núcleos do arco-íris. Brasília, DF: Inovação Tecnológica, 2021. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=bacterias-produzem-corantes-todas-cores-arco-iris&id=010160210622>. Acesso em: 18 jul. 2024.

JULIANO, PACHECO; PACHECO, SMV. Apostila de Estamparia Beneficiamento Têxtil. Cursos Técnicos em Moda e Estilismo. Araranguá, CEFET/SC, 2008. Disponível em: [https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/3/30/Apostila\\_Estamparia\\_edicao\\_1\\_revisada.pdf](https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/3/30/Apostila_Estamparia_edicao_1_revisada.pdf) Acesso em: 16 out. 2024.

KAMINATA, Oswaldo Teruo. Incorporação de Resíduo Têxtil de Lavanderias Industriais na Fabricação de Blocos Cerâmicos de Vedação. 2008. 4 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Cerâmica Industrial, Universidade Estadual de Maringá – Uem, Maringá, 2008. Disponível em: <https://www.ceramicaindustrial.org.br/article/587657367f8c9d6e028b473f/pdf/ci-13-3-587657367f8c9d6e028b473f.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2024

LEITE, Ivaneide de Oliveira et al. Isolamento, identificação e seleção de *Bacillus* spp. para o biocontrole de fitopatógenos do arroz. 2009. Disponível em: <https://repositorio.uema.br/bitstream/123456789/451/3/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20-%20IVANEIDE%20DE%20OLIVEIRA%20NASCIMENTO%20-%20PPGA%20CCA%20UEMA%202009.pdf> Acesso em: 15 set. 2024.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, Antônio J.; VICARIO, Isabel M.; HEREDIA, Francisco J. Estabilidade de los pigmentos carotenoides em los alimentos. *Archivos latino-americanos de nutrición*, v. 54, n. 2, p. 209-215, 2004. Disponível em: [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222004000200011](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200011) Acesso em: 12 out. 2024.

MOTTA. et al. Descoloração do corante têxtil índigo carmine por espécies de *Aspergillus*. I CONICBIO/II CONABIO/VI SIMCBIO, v. 2, 2013. Disponível em: <http://www.unicap.br/simcbio/wp-content/uploads/2014/09/DESCOLORA%C3%87%C3%83O-DO-CORANTE-T%C3%84XTIL-%C3%8DNDIGO-CARMINE-POR-ESP%C3%89CIES-DE-Aspergillus.pdf> Acesso em: 10 set. 2024.

MOTA, Liliana Filipa Tavares. A Biotecnologia na transição para a moda sustentável.: o potencial da celulose bacteriana. 2023. 4 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Design de Moda da Faculdade de Artes e Letras, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2023. Disponível em: <https://search.proquest.com/openview/08e736c042f68840ae8fb0a6a49258b6/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>. Acesso em: 04 ago. 2024

NARIMATSU, Bárbara Mayume Galeti; BEM, Natani Aparecida do; WACHHOLZ, Larissa Aparecida. Corantes naturais como alternativa sustentável na indústria têxtil. 2020. 14 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Universidade Cesumar, Maringá/Pr – Brasi, Maringá- Pr, 2020. Disponível em: <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/download/507/421/1637>. Acesso em: 09 ago. 2024

PESQUISA. VOLP, A.; RENHE, S.; STRINGUETA, M. Pigmentos Naturais Bioativos. 2. ed. Amsterdã : ResearchGate , 2009. Disponível em : [https://www.researchgate.net/publication/49600140\\_Pigmentos\\_naturais\\_bioativos](https://www.researchgate.net/publication/49600140_Pigmentos_naturais_bioativos) . Acesso em: 15 fev. 2024.

PORTUGUÊS SCIENCE DIRECT. SHARMA , J.; RAO, SS Classificação e Impacto de Corantes Têxteis Sintéticos na Flora Aquática. Estudos Regionais em Ciências Marinhas, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352485521001948?via%3Dihub> . Acesso em : 10 mar . 2024.

REBIÈRE, Carolina. Identificação molecular e fenotípica de bactérias de solo rizosférico com tolerância ao fungicida Mancozeb, em Manaus, Estado do Amazonas, Brasil. Revista Pan-Amazônica de Saúde, v. 6, n. 2, p. 7-7, 2015. Disponível em: <https://ojs.iec.gov.br/rpas/article/view/422/352> Acesso em: 12 nov. 2024.

RECK, IM, & PAIXÃO, RM (2016). IMPACTOS AMBIENTAIS DOS CORANTES AZO E TRATAMENTOS DE REMOÇÃO: UMA REVISÃO. Revisão Uningá , 28 (2). Disponível em <https://revista.uninga.br/uningareviews/article/view/1865> Acesso em: 22 set. 2024.

REVISTA ECOS. SANTOS, J. et al. Contribuições das Plantas para o Desenvolvimento Sustentável. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2023. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/ecos/citationstylelanguage/get/harvard-cite-them-right?submissionId=8663637&publicationId=34713> . Acesso em: 30 abr. 2024.

SANTOS, Natalie Silva; SILVA, Flávia Luiza Araújo Tavares da; NETA, Maria Terezinha Santos Leite. Corantes naturais: importância e fontes de obtenção. 2022. 3 v. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências, Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2022. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/359098480\\_CORANTES\\_NATURAIS\\_IMPORTANCIA\\_E\\_FONTES\\_DE\\_OBTENCAO](https://www.researchgate.net/publication/359098480_CORANTES_NATURAIS_IMPORTANCIA_E_FONTES_DE_OBTENCAO) Acesso em: 09 ago. 2024

SCIELO. FERREIRA, MP et al. Uso Sustentável de Recursos Naturais. São Paulo: Revista Brasileira de Desenvolvimento Sustentável, 2023. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ecos/a/mVnzhNqypchK4xnrqXnJ3QC/?format=pdf> . Acesso em: 9 de maio. 2024.

SCHIOZER *et al.* Estabilidade de corantes e pigmentos de origem vegetal. 2013. 2 v. Tese (Doutorado) - Curso de Departamento de Química, Universidade Estadual de Campinas, Unicamp, Campinas, 2013. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/19149>. Acesso em: 08 out. 2024

SILVA DUARTE, Ana Raquel. Design Têxtil e Moda: Tingimento Através de Microorganismos. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade de Lisboa (Portugal). Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/9adf84176f639c67c6e920c65b674e95/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y> Acesso em: 03 ago. 2024.

SILVA, Paulo Ozeride. Métodos de tratamento de efluentes da indústria têxtil. 2013. 3 v. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUBD-A2CJNF>. Acesso em: 04 ago. 2024

SILVA, Wesley Santiago da. Produção de pigmentos fúngicos e seu uso no tingimento de tecidos. 2013. 3 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologias Para O Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal de São João Del-Rei (Ufsj) Campus Alto Paraopeba (Cap), O Paraopeba, 2013. Disponível em: <https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgtds/DISSERTACOES/Wesley.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2024

SOBRINHO, Camily Pires; MELO, Fernanda dos Santos Nunes de; MARTINS, Wiaslan Figueiredo. Aspectos microbiológicos na produção da bebida kombucha: uma revisão integrativa. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/2500/1/Cap.%2005%20-%20ASPECTOS%20MICROBIOLOGICOS%20NA%20PRODUCAO%20DE%20KOMBUCHA%20-%20UMA%20REVISAO%20INTEGRATIVA.pdf> Acesso em: 07 out. 2024.

SOCIEDADE AMERICANA DE MICROBIOLOGIA . CHIMILESKI, S. Corantes bacterianos na moda. Washington, DC: Sociedade Americana de Microbiologia, 2017. Disponível em: <https://asm.org/Articles/2017/Novembro/bacterial-dyes-in-fashion> . Acesso em: 4 nov . 2024.

TALENS REAIS. TALENS REAIS. Pigmentos vs. Corantes. Apeldoorn: Royal Talens, 2024. Disponível em: <https://www.royaltalens.com/en/inspiration/tips-techniques/pigments-vs-dyes/> . Acesso em: 2 atrás. 2024.

TONIOLLO, Michele; ZANCAN, Natália Piva; WÜST, Caroline. Indústria têxtil: Sustentabilidade, impactos e minimização. 2015. 5 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul- Campus Sertão (Ifrs), Rio Grande do Sul, 2015. Cap. 4. Disponível em:

<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/V-029.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2024

UBI. GUIMARÃES, ML Pigmentos de Origem Bacteriana: Uma Alternativa Sustentável no Design de Moda e Têxtil. Covilhã: Universidade da Beira Interior, 2018. Disponível em: [https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/6719/1/5888\\_12739.pdf](https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/6719/1/5888_12739.pdf). Acesso em: 7 out. 2024.

UNB. OLIVEIRA, CR de. Aplicações da Engenharia de Software para Problemas de Combinatória. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2021. Disponível em: [http://www.realp.unb.br/jspui/bitstream/10482/42365/1/2021\\_CarolinaRobertedeOliveira.pdf](http://www.realp.unb.br/jspui/bitstream/10482/42365/1/2021_CarolinaRobertedeOliveira.pdf). Acesso em: 3 mar. 2024.

UNICAMP. ZANONI, MVB; YAMANAKA, N. Corantes: Caracterização química, toxicológica e métodos de tratamento. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2016. Disponível em: <https://wordpress.ft.unicamp.br/wp-content/uploads/sites/33/2017/10/Corantes.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2024.

UNIVERSIDADE DE LISBOA. DUARTE, AR Modelação Matemática para a Gestão de Recursos Hídricos. Lisboa: Universidade de Lisboa, 2021. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/22745/1/Tese%20final%20Ana%20Raquel%20Duarte-corrigido-CF-23-03-2021.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2024.