

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE PORTO ALEGRE

CURSO DE QUÍMICA MEDICINAL

Matheus Eduardo Pavan Panasuk

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIAS SUSTENTÁVEIS DE TINGIMENTOS
DE TECIDOS VISANDO O CONTROLE E FUTURA AVALIAÇÃO ECONÔMICA
PARA ASCENSÃO DO EMPREENDEDORISMO VERDE

Porto Alegre

2023

Matheus Eduardo Pavan Panasuk

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIAS SUSTENTÁVEIS DE TINGIMENTOS
DE TECIDOS VISANDO O CONTROLE E FUTURA AVALIAÇÃO ECONÔMICA
PARA ASCENSÃO DO EMPREENDEDORISMO VERDE

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao curso de Química Medicinal da Fundação Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Química Medicinal.

Orientadora: Prof.^a Ana Borba da Cunha.

Coorientadora: Prof.^a Ângela de Mattos Dutra.

Porto Alegre

2023

Catálogo na Publicação

Panasuk, Matheus Eduardo Pavan
DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIAS SUSTENTÁVEIS DE
TINGIMENTOS DE TECIDOS VISANDO O CONTROLE E FUTURA
AVALIAÇÃO ECONÔMICA PARA ASCENSÃO DO EMPREENDEDORISMO
VERDE / Matheus Eduardo Pavan Panasuk. -- 2023.
49 p. : il., tab. ; 30 cm.

Monografia (trabalho de conclusão de curso) --
Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto
Alegre, Curso de Química Medicinal, 2023.

Orientador(a): Prof.* Ana Cristina Borba da Cunha ;
coorientador(a): Prof.* Ângela de Mattos Dutra.

1. Tingimento natural. 2. Meio ambiente. 3.
Sustentabilidade. 4. Flavonoides. I. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus familiares, que durante toda essa jornada, estiveram ao meu lado, me dando todo o apoio nos momentos de felicidade, de tristeza, surtos e conquistas. Sem eles, eu não teria chegado aonde cheguei.

A todos os amigos que, nesse caminho, criei memórias e laços que espero que durem para sempre.

Aos professores e à Universidade por terem me proporcionado meu desenvolvimento como um profissional capacitado e, principalmente, como um cidadão melhor.

RESUMO

O tingimento natural de tecidos é definido como o processo químico da modificação de cor da fibra têxtil, através da aplicação de matérias coradas. Esse processo é uma prática milenar de forma manufaturada, sendo o primeiro meio utilizado para colorir tecidos e que foi muito utilizado no século XIX. A aplicação de corantes químicos (sintéticos) pela indústria têxtil levaram as práticas dos corantes naturais a caírem em desuso. Sabe-se que juntamente com os corantes sintéticos, surgiram também preocupações ambientais devido ao grande consumo de água e a carga poluidora gerada a partir de seus efluentes. Contudo, uma nova onda de tingimentos naturais, impulsionada pelo desejo de métodos mais amigáveis para o meio ambiente, vem tomando força nas últimas décadas, com o abandono dos tecidos e corantes sintéticos, e o retorno ao algodão e às plantas. Os flavonoides, por sua vez, são uma classe de compostos químicos encontrados em diversas plantas, frutas e vegetais, como açaí, alface, ameixa, brócolis, cebola, folhas de chá, couve-flor, feijão, maçã, uva, entre diversas outras, e responsáveis por conceder-lhes sua pigmentação. O presente trabalho reaproveita resíduos de cebola amarela e roxa (*Allium cepa* L.) e feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.), alimentos vencidos e ricos em flavonoides, como corantes para elaboração de técnicas de tingimento natural de tecidos de algodão utilizando três mordentes diferentes: cloreto de sódio, acetato de cobre e acetato de ferro. Com estes três corantes e três mordentes, desenvolvemos métodos de tingimento que obtiveram diferentes cores e tonalidades, a partir das três cores primárias subtrativas (vermelho, amarelo e azul), além de laranja. Com os tingimentos obtidos, foi possível compará-los entre si e com outros materiais encontrados na literatura, quando aplicável. Testes de solidez da cor com detergentes neutros, sabões de glicerina e sabões em pó foram realizados e o detergente neutro foi o que apresentou melhor resultado. Os resíduos contendo cobre e ferro encontram-se de acordo com a legislação (CONAMA Resolução nº430 de 13 de maio de 2011). Acredita-se que os principais resultados irão inovar e padronizar as metodologias de tingimento em tecido com corantes naturais, diminuindo os impactos ambientais, bem como propiciar a formação de recursos humanos nas áreas de química medicinal, farmácia, tecnologia em alimentos e toxicologia analítica e biomedicina.

Palavras-chave: Tingimento natural; flavonoides; antocianinas; *Allium cepa* L.; *Phaseolus vulgaris* L.; meio ambiente; sustentabilidade.

ABSTRACT

This scientific article discusses the use of natural dyes for textile coloration. Natural dyeing is a chemical process that modifies the color of textile fibers through the application of colored materials, and it is a practice that dates back millennia. However, synthetic dyes and the environmental concerns associated with their use have largely replaced natural dyes in the textile industry. Recently, there has been a resurgence of interest in natural dyeing due to a desire for more environmentally friendly methods. The article focuses on the use of flavonoids, a class of chemical compounds found in various plants and fruits, as natural dyes. The authors of the article have developed methods for using food waste rich in flavonoids, such as yellow and purple onion (*Allium cepa* L.) and black beans (*Phaseolus vulgaris* L.), as natural dyes for cotton fabrics. They used three different mordants (sodium chloride, copper acetate, and iron acetate) to create different colors and shades, and compared their results to other materials found in literature. They also tested the colorfastness of the dyes using neutral detergents, glycerin soap and powder soap. The neutral detergent showed the best results. The authors believe that their research will innovate and standardize methods for natural dyeing of fabrics and reduce environmental impact. Additionally, it will provide opportunities for professional formation in areas of medicinal chemistry, pharmacy, food technology, and analytical toxicology, and biomedicine.

Keywords: Natural dyeing; flavonoids; anthocyanins; *Allium cepa* L.; *Phaseolus vulgaris* L.; environment; sustainability.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	11
2.1. Objetivo Geral:	11
2.2. Objetivos Específicos:	11
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1. Microplásticos	12
3.1.1. Degradação abiótica (ZHANG et al., 2021)	13
3.1.2. Degradação biótica (ZHANG et al., 2021)	13
3.1.3. Vias de absorção	13
3.1.4. Efeitos na saúde	14
3.2. Tingimentos	14
3.3. Corantes Sintéticos	15
3.4. Mordentes	16
3.5. Corantes Naturais	17
3.6. Cebola Amarela e Roxa	18
3.7. Feijão Preto	19
3.8. Flavonoides	20
3.9. Fibras Têxteis	21
3.10. Algodão	21
3.11. Interação Algodão-Mordente	22
4. METODOLOGIA	24
4.1. Preparação do Tecido	24
4.2. Técnicas de Tingimento	24
4.3. Teste de Lavagem/Solidez de Cor	27
4.4. Análise de Resíduos	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1. Cebola Amarela	33
5.2. Cebola Roxa	34
5.3. Feijão Preto	35
5.4. Testes de Lavagem/Solidez da Cor	36
5.5. Análise das Concentrações de Metais Pesados	39
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS	43

1. INTRODUÇÃO

Tingimento natural de tecidos é a arte desenvolvida para a reprodução de cores da natureza nos tecidos, a partir da coloração de fios como algodão, seda orgânica, linho entre outros, por meio da utilização de corantes extraídos de bens naturais, que pertencem ou foram produzidos pela natureza sem que ocorra dano à mesma, bem como resíduos. É uma técnica capaz de minimizar impactos ao meio ambiente, além de usufruir dos bens naturais e renováveis (ALBUQUERQUE, 2013; ARAÚJO, 2006; COSTA, 2008, 2012; MELO; MELO; CLARO, 2006).

Com o avanço das tecnologias indústrias, os tingimentos naturais foram sendo substituídos rapidamente por tingimentos baseados em corantes constituídos de metais, que proporcionam um processo mais rápido e padronizado, entretanto bem poluente (SENAI, 1998). A utilização de corantes químicos veio a acontecer no fim do século XIX, quando estes começaram a abastecer o mercado mundial. Os corantes químicos no mercado têxtil levaram as práticas artesanais a caírem em desuso, pois com tingimentos naturais não era possível obter produções em larga escala, o que se tornou viável com o advento dos corantes sintetizados (LUNA; DE OLIVEIRA JÚNIOR; SILVA, 2017).

A indústria têxtil movimenta anualmente mais de 1 trilhão de dólares. Esse ramo trabalha com a lógica de alimentar o mercado com novos modelos e tendências de forma sazonal (por estação) influenciando as pessoas a sentirem necessidade de renovar seus guarda-roupas constantemente, mantendo o mercado da moda “aquecido” e gerando lucros exorbitantes de forma ininterrupta. Esse modelo de negócios influenciou o aparecimento de um movimento conhecido como “*fast fashion*” ou moda rápida com o objetivo de replicar e disponibilizar aos consumidores os modelos da alta costura de forma rápida e barata e utilizando mão de obra a preços extremamente baixos. Assim, esses produtos são produzidos, comercializados, consumidos e descartados constantemente. Por estarem frequentemente associadas à matéria-prima de baixo custo, de origem sintética e não renovável, as indústrias têxteis têm sido apontadas como responsáveis por uma quantidade importante de resíduos, especialmente líquidos e sólidos e por diversos crimes ambientais. De maneira geral, os materiais descartados pelas “*fast fashion*” apresentam persistência e baixa degradação e, quando descartados de forma inadequada, se decompõem em microplásticos (0,1-1000 um). Esses fragmentos são levados aos oceanos e afetam a vida marinha e, conseqüentemente, as pessoas

que irão consumir esses animais como alimento. Além disso, existe a possibilidade desses microplásticos serem transportados através do ar, podendo ser inalados e depositados no sistema respiratório (WRIGHT; KELLY, 2017). Quando inaladas, essas fibras possuem a capacidade de contornar os mecanismos de depuração do pulmão, fixando-se nele e podendo manter-se indefinidamente alojado, conseqüentemente podendo desencadear uma reação inflamatória crônica (PAULY et al., 1998; PRATA et al., 2020; WRIGHT; KELLY, 2017). Em contraposição a esse cenário, um número crescente de consumidores têm buscado por produtos mais sustentáveis na área do vestuário e por empresas que adotem os critérios ESG (do inglês: ambiente, social e governança) (“Fashioning Sustainability”, [s.d.]). A partir disso, também surge o movimento “*slow fashion*”, ou moda lenta, que é uma alternativa para romper com as formas produtivas tradicionais, defendendo o consumo consciente, tendo princípios de qualidade, preservação e durabilidade das peças (POOKULANGARA; SHEPHARD, 2013). Esse movimento procura melhorar a qualidade dos produtos e gerar menor impacto ambiental e social (ANICET; RÜTHSCHILLING, 2013). Diante dessa busca por processos ambientalmente amigáveis, o tingimento natural, muito utilizado antes da revolução industrial, está sendo reestruturado com potencial inovador na área têxtil. Dentro do processo de tingimento natural destacam-se os mordentes (também chamados de fixadores).

Os mordentes são uma classe de compostos amplamente utilizados na indústria têxtil. Eles são adicionados juntamente aos corantes no processo de tingimento de fibras com o intuito de melhorar a fixação das mesmas, visto que, normalmente, os corantes não possuem boa fixação quando aplicados diretamente aos tecidos. Assim, a utilização de mordentes resultará em cores mais vívidas, intensas e duradouras. Vários compostos diferentes são usados no auxílio da fixação da cor, sendo em sua maioria, utilizados sais metálicos. Este processo tem como objetivo aumentar a afinidade entre a fibra têxtil e os pigmentos através da formação de compostos de coordenação, quando utilizados com corantes com afinidade, e formando pontes de hidrogênio entre o corante e a fibra quando utilizado com corantes sem afinidade (SAMANTA; AGARWAL, 2009). A solidez de uma cor representa a resiliência de um tecido frente a alteração de sua cor e tonalidade. A avaliação é realizada através da comparação da intensidade da cor de uma amostra original controle, com o grau de manchamento (desbotamento) produzido após a lavagem de peças amostras (SENAI, 2001).

O potencial inovador deste trabalho está na união dos conhecimentos do mercado têxtil, sustentabilidade e conhecimentos de química com aplicação prática, através do tingimento natural de tecidos com resíduos de alimentos, visando minimizar os impactos ao meio ambiente. Diante do exposto, relacionado aos efeitos da *fast fashion* e as novas tendências do mercado, focadas na busca de técnicas ambientalmente amigáveis, esse trabalho teve como objetivo desenvolver técnicas de tingimento natural sendo selecionadas cascas de cebola amarela, cascas de cebola roxa e feijão com data de validade expirada. Esses corantes aliados aos mordentes selecionados contribuirão com a literatura dos tingimentos naturais que, apesar de ser uma técnica ancestral, é escassa em padronizações e estudos de cunho científico, imprescindíveis para o desenvolvimento da área na contemporaneidade.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral:

Desenvolver técnicas de tingimento natural de tecidos de algodão, priorizando técnicas ambientalmente amigáveis, visando o controle e a futura avaliação para ascensão do empreendedorismo verde.

2.2. Objetivos Específicos:

- Reproduzir e desenvolver metodologias de tingimento sustentável em tecido utilizando cascas de cebola amarela e roxa e feijão preto e nordeste naturais;
- Avaliar as técnicas de tingimento em relação às cores produzidas;
- Aplicar o teste de solidez da cor para medir o grau de fixação dos tingimentos;
- Obter a maior quantidade de cores possíveis utilizando apenas os três resíduos selecionados;
- Revisar a literatura em busca de metodologias para padronizar as metodologias desenvolvidas (ainda não encontradas na literatura).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A indústria têxtil é uma das maiores setores industriais do mundo, tendo uma razão de crescimento anual de 6,6% de 2022 para 2023, alcançando a marca de 610 bilhões de dólares (THE BUSINESS, 2023).

Porém, da mesma forma, ela também é responsável por um quinto da produção de plástico gerado todo o ano, devido à produção de poliéster, polímero plástico que, devido a suas características desejáveis de durabilidade e versatilidade, se tornou a fibra têxtil mais utilizada, desbancando o reinado do algodão (DOTTLE; GU, 2022).

De acordo com dados publicados pelo Parlamento Europeu (EUROPEAN PARLIAMENT, 2022), a indústria têxtil é responsável por 20% da poluição da água potável mundial, devido a corantes e produtos de finalização de produtos têxteis. Anualmente, a lavagem de peças têxteis sintéticas libera meia tonelada de microfibras nos oceanos, equivalendo por 35% dos principais microplásticos liberados para o meio ambiente. Estima-se também que a indústria têxtil é responsável por 10% das emissões globais de carbono, gás de efeito estufa.

Estes problemas são acentuados pela ascensão do modelo de *fast fashion*. O conceito de *fast fashion* nasceu no final dos anos de 1990 como uma resposta da indústria à aceleração da moda e do consumo de produtos têxteis, que gerou um consumismo generalizado (DELGADO, 2008). Assim, *fast fashion* pode ser definido como um modelo de negócios que se baseia na oferta frequente de novidades aos consumidores na forma de produtos que estão na moda a preços baixos, dessa maneira, contando com o consumismo constante e o impulso de comprar, causando uma sensação de urgência de compra (NIINIMÄKI et al., 2020).

3.1. Microplásticos

Plásticos são materiais poliméricos que possuem características marcantes como plasticidade (capacidade de serem modelados através da aplicação de pressão ou calor), baixa densidade, baixa condutividade elétrica e alta resiliência, que permite a produção de variados produtos plásticos (RODRIGUEZ, 2023). Porém, apesar de ser um material que proporciona enormes benefícios à sociedade, detritos de plásticos são problemas ambientais críticos (WRIGHT; KELLY, 2017).

Microplásticos são partículas de plástico muito pequeno, com dimensões entre 0,1 – 1000 µm, gerados a partir da degradação do plástico através de processos abióticos e bióticos (WRIGHT; KELLY, 2017; ZHANG et al., 2021).

3.1.1. Degradação abiótica (ZHANG et al., 2021)

Degradação abiótica compreende a mudanças nas propriedades físicas ou químicas decorrentes de fatores não bióticos, como luz, temperatura, ar, água e forças mecânicas.

- Fotodegradação: A absorção de energia proveniente da irradiação de luz ultravioleta UV-B de alta energia e UV-A de média energia geram radicais livres no plástico, que desencadeiam as reações do processo de degradação.

- Degradação térmica: Quando energia suficiente é absorvida, em altas temperaturas, o polímero é capaz de superar a barreira energética, quebrando as longas cadeias poliméricas em radicais que, por sua vez, reagem com o oxigênio formando hidroperóxidos.

- Degradação mecânica: Quebra dos plásticos por forças do ambiente, como colisão e abrasão do plástico com rochas e areia, causadas pela maré ou pelos ventos, ou congelamento e descongelamento do plástico em ambientes aquáticos.

3.1.2. Degradação biótica (ZHANG et al., 2021)

Geralmente realizada por microorganismos como bactérias e fungos e insetos. A degradação biótica é a degradação por meio de organismos, o que engloba degradação física, como mordidas, mastigação ou digestão do plástico, como por processos bioquímicos.

3.1.3. Vias de absorção

Os microplásticos, gerados pela degradação do resíduo plástico liberado de forma inadequada ao meio ambiente, são uma ameaça tanto para o meio ambiente, quanto para a saúde do ser humano.

Uma das formas que o ser humano pode entrar em contato com os microplásticos é através da ingestão dos mesmos. Cox (2019, 2020) estima que, anualmente, uma pessoa ingira entre 39.000 e 52.000 partículas de microplásticos. Dada a prevalência dos microplásticos no ambiente marinho, já é possível esperar que frutos do mar sejam uma das rotas de exposição (WRIGHT; KELLY, 2017), isso

inclui peixes, moluscos e crustáceos, contudo, microplásticos também foram encontrados em diferentes outros produtos alimentícios, como sal de cozinha, mel, açúcar e água engarrafada (COX et al., 2019, 2020; PRATA et al., 2020; WRIGHT; KELLY, 2017).

Da mesma forma, a inalação de micropartículas de plástico dispersas no ar é outra forma dos microplásticos entrarem em nosso organismo. Essas micropartículas são liberadas no ar por diferentes fontes, como tecidos sintéticos, abrasão de materiais (como rodas de carro e edifícios) e ressuspensão de microplásticos encontrados em superfícies (PRATA et al., 2020; WRIGHT; KELLY, 2017).

3.1.4. Efeitos na saúde

Os microplásticos, após infiltrar no corpo humano, pela via respiratória ou gastrointestinal, são capazes de desencadear respostas e efeitos prejudiciais ao ser humano.

A resposta inflamatória exacerbada leva a liberação de espécies oxidantes, que podem culminar na degradação, hidrólise, quebra e lixiviação de aditivos, formando um feedback positivo de produção de radicais livres (PRATA et al., 2020).

As partículas de microplásticos são capazes de translocar de uma parte do corpo a outra, afetando outros órgãos e tecidos. Desta maneira, são capazes de causar efeitos neurotóxicos, ao causar estresse oxidativo ao entrarem em contato com o sistema nervoso, ou afetar o sistema imune, já que o contato com material particulado está ligado com a exposição de autoantígenos e a produção de autoanticorpos (PRATA et al., 2020).

Por fim, devido a sua alta área de superfície, os microplásticos ainda são capazes de atuarem como vetores de microorganismos – podendo desencadear infecções ou alteração da microbiota gastrointestinal – e substâncias químicas – monômeros, aditivos e poluentes orgânicos persistentes (PRATA et al., 2020).

3.2. Tingimentos

De acordo com Moura e Marcondes (2011) define-se tingimento como a mudança, seja ela, física ou química de um substrato, de tal maneira que a luz refletida cause uma percepção de cor. E os materiais responsáveis por essa mudança são os corantes. De um modo geral, o tingimento deve atender as seguintes características: Afinidade: o corante deve fazer parte integrante da fibra

após o tingimento. Igualização: a cor aplicada deve ser uniforme em toda a extensão do material têxtil. Resistência: resistir aos agentes desencadeadores do desbotamento, como a lavagem, o suor, água clorada e luz. Economia: o tingimento deve ter todas as características anteriores sem ultrapassar as quantidades estritamente necessárias de corantes, produtos auxiliares e tempo de realização. Segundo Alcântara e Daltin (1996), o processo de tingimento é dividido em três fases: A fase inicial é a montagem, onde ocorre a transferência do corante presente em solução para a superfície do tecido. Essa fase pode ser realizada por impregnação ou esgotamento. Na impregnação haverá a utilização de materiais que irão através de instalações mecânicas impregnarem a solução do corante à fibra têxtil, utilizando como formas de fixação o calor seco ou úmido, repouso a frio ou a quente ou o banho novo. No esgotamento haverá um deslocamento do corante para o tecido, através de um banho do material têxtil na solução corante. A segunda, chamada de fixação, consiste basicamente na reação entre o corante e a fibra do tecido. A terceira e última fase, o tratamento final, trata-se da remoção de corantes que estiverem em excesso no tecido, pode ser feito através de um banho em água quente com detergentes, para eliminação de todo o corante que não foi fixado pela fibra, seguido pelo enxague, que geralmente é realizado com água corrente; evitando que o corante que não ligado à fibra solte no momento que o tecido umidificar, seja por meio de lavagens e suor.

3.3. Corantes Sintéticos

No século XVII, com os avanços tecnológicos e produtivos impulsionados pela revolução industrial, houve uma explosão da indústria têxtil, que acarretou na necessidade de técnicas de produção de corantes mais rápidas e economicamente eficientes (ABRAHART; STOTHERS, 2019).

A descoberta do primeiro pigmento sintético a emplacar no mercado foi a mauveína, descoberto pelo químico inglês William H. Perkin, impactou severamente o mercado de corantes e causando o início do declínio dos corantes naturais (ABEL, 2012; ABRAHART; STOTHERS, 2019; MUSTROPH, 2014). Com o crescimento da indústria de corantes sintéticos, as limitações dos corantes naturais começaram a ser superadas: não mais havia a dependência de matérias-primas importadas e caras, de transporte custoso; a simplificação dos processos de tingimento, antes envolvendo mais de 20 passos para atingir o tecido da cor desejada e o aumento da

reprodutibilidade, já que a qualidade do produto não estava mais atrelada a parâmetros como a natureza ou a habilidade do artesão (ABRAHART; STOTHERS, 2019).

Contudo, os corantes sintéticos possuem suas próprias limitações. A principal delas, e que vem cada vez mais se tornando uma pauta importante, é a capacidade poluente desses corantes. A indústria têxtil é estimada por descarregar o equivalente a 280.000 toneladas de corantes, anualmente, como efluentes ao meio ambiente, sendo compostos por diferentes corantes e outros compostos, como ácidos, bases, sais, detergentes, umectantes, oxidantes, etc. (KALYANI et al., 2009). Além disso, corantes sintéticos são substâncias tóxicas, com efeitos citotóxicos, genotóxicos, mutagênicos e carcinogênicos (TSUDA, 2001; VENTURA-CAMARGO; MARIN-MORALES, 2013; WALTHALL; STARK, 1999). Deste modo, a disposição sem tratamento destes efluentes de corantes sintéticos em corpos d'água pode causar poluição ambiental considerável, assim, sendo um risco sério à saúde do ser humano e do meio ambiente (FORGACS; CSERHÁTI; OROS, 2004; SHEDBALKAR; DHANVE; JADHAV, 2008).

3.4. Mordentes

Mordentes são substâncias químicas utilizadas nos processos de tingimento para melhorar a qualidade e a fixação dos corantes ao aumentarem sua afinidade com uma fibra têxtil. Geralmente utilizados juntamente a corantes adjetivos (corantes que necessitam de mordentes), neste caso, agem abrindo os poros das fibras naturais, facilitando a penetração do corante e, deste modo, melhorando sua fixação (PATEL, 2011). Contudo, mordentes também podem ser utilizados em conjunto a corantes substantivos (corantes diretos), neste caso, agem formando substâncias insolúveis com o corante junto da fibra, aumentando a solidez de cor do material (PATEL, 2011).

O cloreto e sulfato de sódio são adicionados em banhos de tingimento de peças de algodão por serem eletrólitos, desta forma, superando a carga negativa presente na superfície das fibras ao neutralizar a carga que iria repelir a aproximação do corante direto, permitindo que os ânions do corante serem absorvidos pela fibra (HOLME, 2016).

3.5. Corantes Naturais

Os corantes são substâncias utilizadas por sua capacidade de dar cor a materiais como tecidos, papel, alimentos e couro (ABRAHART; STOTHERS, 2019). Corantes naturais são definidos como substâncias coradas extraídas apenas por processos físico-químicos ou bioquímicos de uma matéria-prima animal ou vegetal (ARAÚJO, 2006). O fascínio do ser humano pela beleza das cores levou ao interesse na aplicação de corantes desde os tempos pré-históricos, ao procurarem o tingimento de peles de animais, couro e fibras têxteis, como o algodão, lã e seda (CLARK, 2011; SAMANTA, 2020).

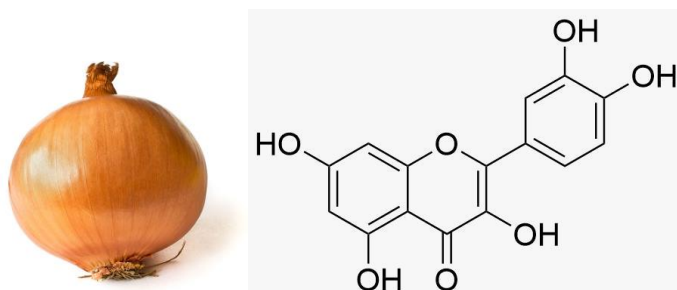
A maior parte das substâncias corantes extraídas da natureza, infelizmente, possuem cores pouco persistentes que desapareciam com a lavagem ou pela exposição à luz, contudo, alguns poucos corantes naturais duradouros se tornaram artigos econômicos de alto valor e prestígio para aqueles que a possuíam (ARAÚJO, 2006). Entre os corantes mais proeminentes, é possível destacar o índigo, considerado pelos historiadores como o corante mais antigo, extraído de diferentes espécies de anileira (*Indigofera*) e da *Isatis tinctoria*, foi difundida pela Ásia, Europa e na região do Mediterrâneo (ABRAHART; STOTHERS, 2019; ARAÚJO, 2006; CLARK, 2011). Também é possível citar Púrpura de Tiro, cuja técnica foi desenvolvida pelo povo fenício ao extraí-lo do molusco *Bolinus brandaris*, que obteve a alcunha de “Púrpura Real” por ser um corante tão valioso que era um item exclusivo dos reis, imperadores e sumo sacerdotes.

Segundo Araújo (2006), os corantes naturais podem ser classificados em três tipos distintos: Primeiramente, corantes diretos, aqueles corantes que se fixam diretamente com a fibra têxtil, como algodão, lã ou linho, sem que os mesmos necessitem de tratamento especial. Em seguida, os corantes de tina, um grupo especial utilizado principalmente em tecidos de algodão, os quais precisam de um tratamento especial denominado forma leuco. E por fim, aqueles corantes que necessitam de mordentes, ou seja, que necessitam de substâncias fixadoras.

Diferente dos pigmentos, que são materiais sólidos insolúveis e, por consequência ficam dispersos em um meio líquido, corantes obrigatoriamente são substâncias solúveis em água e/ou solventes orgânicos (ABRAHART; STOTHERS, 2019; FIOROTTO, 2023).

3.6. Cebola Amarela e Roxa

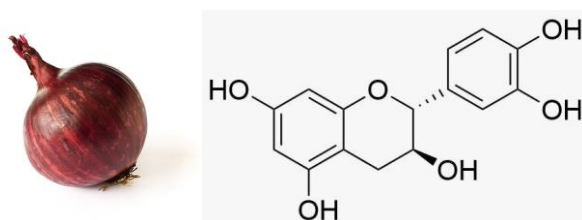
Figura 1 – Cebola amarela e quercetina (flavonol), corante da cebola amarela



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Onion_on_White.JPG

A cebola amarela (*Allium cepa* L.) é originária da Ásia Central e suas cascas oferecem um corante do grupo quercetina (tons amarelados), além de ser utilizado como corante têxtil, pode ser usada na indústria de alimentos e farmacêutica. A cebola corresponde ao bulbo, que é um caule especializado. Ela é composta por uma espécie de caule subterrâneo situado na base da cebola, rodeado por folhas modificadas dispostas em camadas, que corresponde a casca da cebola (LIMA; BEZERRA, 2012). Uma recente pesquisa americana comprova que a casca de cebola é uma fonte de antioxidantes, com destaque para o anti-inflamatório quercetina, ele reduz o nível de colesterol ruim, controla a pressão arterial, trata inflamações, combate alergias, algumas formas de câncer e, ainda, reduz a depressão (ALMEIDA; SUYENAGA, 2009).

Figura 2 – Cebola roxa e cianidina (antocianina), corante da cebola roxa



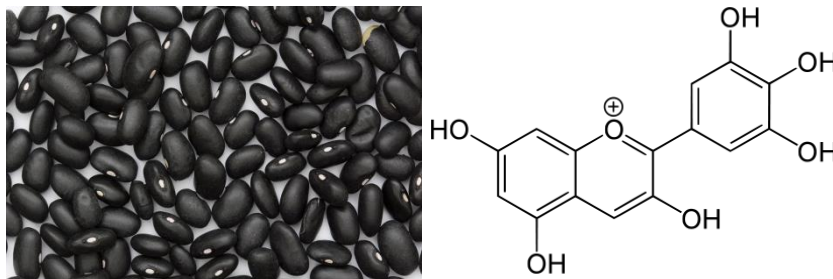
Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Red_Onion_on_White.JPG

Oriunda da Ásia, chegou em sequência à África, e depois ao Brasil trazidas por colonizadores, e desde sua chegada nunca mais deixou a culinária brasileira, Pode ser utilizada crua, em saladas, como ingredientes em molho e da famosa Guacamole. Apresenta um excelente sabor, ótima textura, bem colorida e já faz parte de vários pratos da culinária brasileira. Em relação à cebola amarela apresenta um preço mais elevado, justificando seu uso em pratos mais exóticos e na alta

gastronomia, sempre deixando as receitas mais aromáticas e gostosas (“CEBOLA ROXA”, [s.d.]).

3.7. Feijão Preto

Figura 3 – Feijão preto e delphinidina (antocianina), corante do feijão preto



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Black_Turtle_Bean.jpg

O Brasil é o terceiro maior produtor de feijão do mundo, atrás apenas da Índia e do Myanmar (COELHO, 2021). O feijão preto é um dos alimentos mais importantes na alimentação dos brasileiros. Assim como os outros integrantes que juntos são englobados pelo grupo do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), o feijão preto é uma leguminosa originária do continente americano, sendo parte fundamental da alimentação e nutrição dos povos indígenas (TAKEOKA et al., 1997). Há muito tempo, os pigmentos vermelhos intensos, encontrados no feijão preto, já o tornavam um recurso potencial e atrativo para a fabricação de corantes alimentícios (TAKEOKA et al., 1997), porém, o seu uso em processos têxteis ainda é pouco explorado.

O feijão é um alimento muito nutritivo. Mesmo com seu tamanho reduzido, é rico em proteínas, fibras, vitamina A, ferro, cálcio e manganês. Contém altos níveis de flavonoides que, como mencionado anteriormente, são ótimos antioxidantes, e tem ainda ômega-3, que ajuda na diminuição do colesterol LDL (BARRA, 2016). No Antigo Egito, a cor azul era considerada uma das cores da realeza. Era o azul que adornava as tumbas e objetos ritualísticos, que dizia proteger as almas no pós-vida, e era fabricado a partir de uma mistura de areia, cobre e natrão (PASTOUREAU, 2000). Até o início do século XVIII, antes da descoberta do pigmento sintético azul da Prússia em 1709, azul também era a cor de tintas para arte mais cara de todas, devido a sua matéria prima obtida das pedras preciosas de cor azul, como o lápis-lazúli e a ultramarina (PASTOUREAU, 2000).

3.8. Flavonoides

O tingimento dos tecidos ocorre devido à presença de um tipo de moléculas denominadas flavonoides, que estão presentes nas cebolas e no feijão preto e são extraídas durante o processo de tingimento (MIRANDA; MAIER; STEVENS, 2012). Estas moléculas solúveis em água são compostas de quinze carbonos que formam dois anéis aromáticos, A e B, e um heterociclo contendo oxigênio, C (MIRANDA; MAIER; STEVENS, 2012). Os diferentes flavonoides podem ser classificados de acordo com o nível de oxidação de seu heterociclo C, dentre eles, os flavonóis, caracterizados pela estrutura 3-hidroxi-flavona, e as antocianinas, caracterizadas pela estrutura do cátion flavílio (ANDERSEN; JORDHEIM, 2010; DOS SANTOS et al., 2020). Estas moléculas são responsáveis pela pigmentação de diversas plantas, frutas e vegetais, normalmente de tonalidades amarelas e verdes, no caso dos flavonóis, e púrpura a azul para as antocianinas, tais como, além dos já citados e abordados no trabalho, açaí, alface, ameixa, brócolis, folhas de chá, couve-flor, maçã, uva, entre diversas outras. Apesar de mais comumente utilizados como corantes alimentícios, os flavonóis e antocianinas apresentam potencial para ramificação de sua utilização como, por exemplo, tingimento natural de tecidos (DOS SANTOS et al., 2020; PHAN et al., 2020). Existem quatro mecanismos que geralmente estão relacionados com a afinidade das antocianinas e fibras têxteis: (a) sais metálicos, as interações pigmento-mordente-fibra; (b) interações de hidrogênio, ligações entre os átomos de hidrogênio dos corantes e dos pares de elétrons livres da fibra; (c) interações iônicas, interações mútuas entre cargas positivas de grupos amino e carboxilato da fibra e a carga iônica do pigmento, e vice-versa; e (d) interações de Van der Waals, interação proveniente da sobreposição total dos orbitais π do pigmento e da fibra (GUARATINI; ZANONI, 2000; PHAN et al., 2020). Porém, estudos indicam que a interação mais forte é a interação de sais metálicos (PHAN et al., 2020). As subclasses dos flavonoides são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Subclasses de flavonoides

Subclasses de Flavonoides	Cor	Exemplos
Antocianidina	Azul, vermelho e violeta	Cianidina
Flavanol	Incolor e amarelo	Catequina e Epicatequina (Incolores); Procianidina (amarelo)

Flavonas	Amarelo claro	Apigenina e Luteolina
Flavonol	Amarelo claro	Quercetina, Ritina e Miricetina
Isoflavona	Incolor	Genisteína e Diazeína
Flavanona	Incolor e amarelo	Hesperidina e Naringerina

3.9. Fibras Têxteis

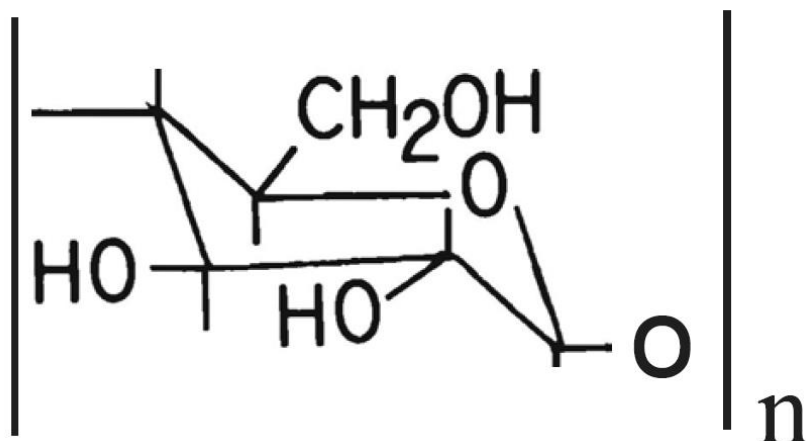
As fibras têxteis são elementos filiformes, definidos pela sua flexibilidade, finura e grande comprimento em relação à dimensão transversal máxima. Dessa forma, são aptas para aplicações têxteis. Estas fibras são divididas em naturais ou químicas. As naturais são produzidas pela natureza, as tornando aptas para o processamento têxtil, enquanto as não naturais são obtidas industrialmente através de polímeros naturais modificados quimicamente (fibras regeneradas ou artificiais) ou a partir da produção de polímeros obtidos por síntese química (fibras sintéticas) (HAJI; BRANCH, 2013; BOTREL; OLIVEIRA, 2012).

3.10. Algodão

Algodão compreende diversas espécies de plantas do gênero *Gossypium* L. e consiste em uma das principais culturas agrícolas do mundo, sendo um produto relativamente barato já que é um produto abundante e seus processos industriais são pouco custosos (WEIGMANN, 2023). Das fibras do algodão, é possível trabalhá-las para a produção de diferentes tipos de tecidos, desde os mais leves como voil e renda, até mais pesados como lonas e veludos grossos, adequados para diferentes roupas, artigos de decoração e uso industrial (WEIGMANN, 2023).

Como descrito por Needles (1986), o algodão é uma das fibras naturais celulósicas mais importantes, sendo quase completamente composta por celulose pura. Todos os hidrogênios das longas cadeias poliméricas da celulose possuem a capacidade de formarem ligações de hidrogênio, que por sua parte, unirão cadeias de celulose adjacentes, formando estruturas cristalinas. Entre estas áreas cristalinas, existem regiões denominadas regiões amorfas, estas, constituídas de buracos, vazios e irregularidades na estrutura, em contra partida da estrutura firmemente empacotada da região cristalina. Assim, a penetração de corantes e substâncias químicas na fibra de algodão ocorre mais prontamente nestas regiões amorfas.

Figura 4 – Estrutura molecular da glucose, unidade básica do polímero celulose.



Fonte: (NEEDLES, 1986)

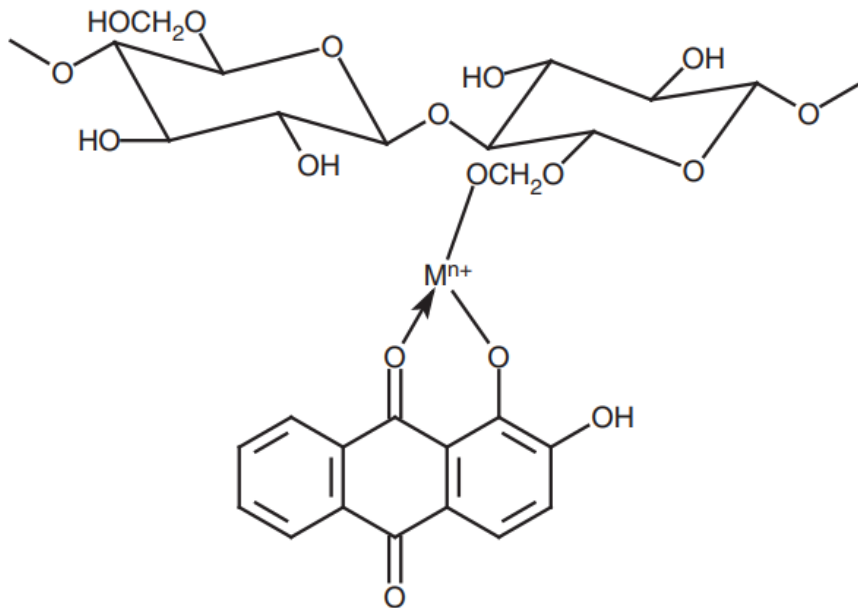
Além disso, o algodão possui ótima resistência ao calor, não havendo deformação estrutural mesmo aquecendo-o à temperaturas de 120 °C por períodos moderados, e ótima resistência à luz solar, já que a celulose não possui grupos funcionais com a capacidade de absorver luz ultravioleta de comprimentos de onda entre 300 e 400 nm (NEEDLES, 1986).

3.11. Interação Algodão-Mordente

A celulose, que constitui quase completamente as fibras de algodão, é um polissacarídeo funcionalizado principalmente por grupos álcool primário (-CH₂OH) e álcool secundário (-CHOH) (SAMANTA; AGARWAL, 2009). Desta forma, os corantes possuem a capacidade de gerar complexos de coordenação com os íons metálicos dos mordentes e os grupos funcionais das cadeias poliméricas das fibras naturais (Figura 5), assim, melhorando a solidez de cor (DING; FREEMAN, 2017; SAMANTA; AGARWAL, 2009).

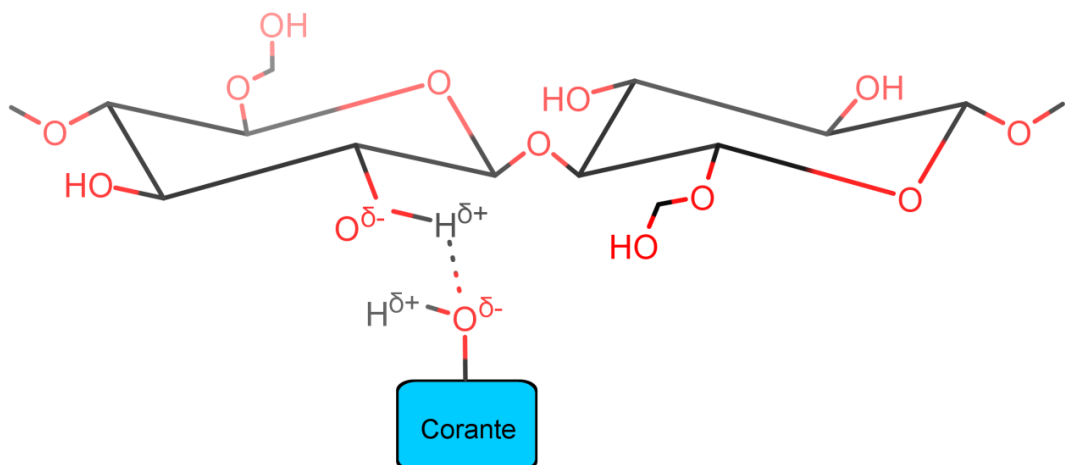
Em contrapartida, os corantes diretos se fixam nas fibras através de interações intermoleculares (ligações de hidrogênio) entre os grupos funcionais da fibra e do corante (Figura 6) (SAMANTA; AGARWAL, 2009).

Figura 5 – Exemplo de uma ligação de um corante natural (alizarina) com a celulose, através de mordente (M^{n+}).



Fonte: (DING; FREEMAN, 2017).

Figura 6 – Exemplo de ligação direta entre o corante natural e a celulose.



Fonte: Autoral

4. METODOLOGIA

As técnicas de tingimento empregadas foram desenvolvidas a partir de adaptações das patentes referentes à metodologias de tingimento pesquisadas através de uma plataforma *on-line* gratuita de busca de patentes, Espacenet, sendo efetuadas modificações para aumentar o espectro de cores e para adequar as metodologias verdes que buscávamos alcançar com este trabalho (DONG; JIA; PENG, 2020; LI et al., 2017a, 2017b; WANG, 2014; ZHAO, 2020).

4.1. Preparação do Tecido

Antes de iniciar o processo de tingimento, as peças de algodão foram lavadas mecanicamente à mão com sabão neutro para limpar os tecidos e abrir as fibras após foram secos à sombra. Os tecidos de algodão foram cortados, de forma padronizada, em quadrados com 12x12cm (em média, aproximadamente 2,000 gramas).

4.2. Técnicas de Tingimento

Foram estabelecidas três metodologias para os tingimentos naturais, cada uma utilizando um tipo de resíduo diferente – casca de cebola roxa, casca de cebola amarela e feijão vencido, que são adicionados junto ao fixador.

As soluções dos fixadores acetato de cobre e acetato de ferro foram preparados artesanalmente. Deste modo, para a preparação de 100 mL de solução de uma das soluções, são colocados, em um frasco, 5 g de fio de cobre ou 6,5 g de pregos de ferro, e então adicionados 1,5 g de amido de milho, 64,5 mL de vinagre de álcool e 37,5 mL de água. Essa mistura é deixada em repouso por 2 dias, onde é possível ver o aparecimento de cor azul/marrom, evidenciando a formação do sal de acetato.

A extração e fixação do corante foram realizadas em um béquer de 1 litro, com água ultrapura, corante e o mordente (mordente conjugado) selecionado. Após, ocorreu aquecimento com o auxílio de uma chapa de aquecimento com controle de temperatura até que a mistura entrasse em ebulição. Então, o béquer é retirado do aquecimento, o tecido é adicionado, e deixado em repouso com a boca do béquer é coberta.

Metodologia de tingimento dos tecidos utilizando casca de cebola amarela

Metodologia mordente conjugado: cloreto de sódio

Pesar em um béquer aproximadamente de 6,0 gramas de casca de cebola amarela, medir com o auxílio de uma proveta graduada 300 mL de água destilada e adicionar aproximadamente 8 gramas de mordente (cloreto de sódio). Inserir a água destilada, as casca da cebola, o mordente e o tecido (previamente cortado) em uma copo de béquer de 1 L e com o auxílio de um bastão de vidro misturar a solução e submergir o tecido para evitar que ocorram manchas. Colocar o copo de béquer em uma chapa de aquecimento com controle de temperatura previamente aquecida, e levar à fervura em torno de 20-30 minutos até a solução atingir 80°C, após atingir a temperatura manter por 5 minutos cronometrados e retirar o béquer da chapa de aquecimento e deixar o tecido em repouso durante 1 hora, após o repouso retirar o tecido e lavar com água corrente e sabão líquido de glicerina durante 1 minuto, enxaguar e colocar o tecido estendido na sombra.

Metodologia mordente conjugado: mordente acetato de cobre

Para a utilização do mordente acetato de cobre será utilizada a mesma metodologia, entretanto o mordente cloreto de sódio será substituído por 8 mL de acetato de cobre

Metodologia de tingimento dos tecidos utilizando casca de cebola Roxa

Metodologia: mordente cloreto de sódio

Foram pesadas aproximadamente de 13 gramas de casca de cebola roxa em um copo de béquer, medir com o auxílio de uma proveta graduada 360 mL de água destilada e adicionar aproximadamente 20 gramas de mordente (cloreto de sódio). Inserir a água destilada, as casca da cebola, o mordente e o tecido (previamente cortado) em uma copo de béquer de 1 L e com o auxílio de um bastão de vidro misturar a solução e submergir o tecido para evitar que ocorram manchas. Colocar o copo de béquer em uma chapa de aquecimento com controle de temperatura previamente aquecida, e levar à fervura em torno de 20-30 minutos até a solução atingir 80°C, após atingir a temperatura manter por 5 minutos cronometrados e

retirar o béquer da chapa de aquecimento e deixar o tecido em repouso durante 1 hora, após o repouso retirar o tecido e lavar com água corrente e sabão líquido de glicerina durante 1 minuto, enxaguar e colocar o tecido estendido na sombra.

Metodologia mordente conjugado: mordente acetato de ferro

Para a utilização do mordente acetato de ferro será utilizada a mesma metodologia, entretanto a massa de casca de cebola será aproximadamente 4,4 gramas e o mordente cloreto de sódio será substituído por 15 mL de acetato de ferro.

Metodologia de tingimento dos tecidos utilizando feijão preto com validade expirada

Metodologia: mordente cloreto de sódio

A data de vencimento será registrada e os grãos de feijão deverão ser lavados com água destilada para retirar as impurezas da pele das cascas e deixar secar à sombra. Após esse processo pesar em um béquer aproximadamente de 260 gramas de feijão, medir com o auxílio de uma proveta graduada 400 mL de água destilada e adicionar aproximadamente 60 gramas de mordente (cloreto de sódio). Inserir a água destilada, as casca da cebola, o mordente e o tecido em uma copo de béquer de 2 L e com o auxílio de um bastão de vidro misturar a solução e submergir o tecido para evitar que ocorram manchas. Colocar o copo de béquer em uma chapa de aquecimento com controle de temperatura previamente aquecida, e levar à fervura em torno de 20-30 minutos até a solução atingir a ebulição e deixar por 5 minutos a mistura em ebulição. Após retirar o béquer do aquecimento e deixar a mistura em repouso por 72 horas. Depois de repousar retirar o tecido e lavar com água corrente e sabão líquido de glicerina durante 1 minuto, enxaguar e colocar o tecido estendido na sombra.

Metodologia: mordente acetato de ferro e acetato de cobre

Para a utilização do mordente acetato de ferro e acetato de ferro será utilizada a mesma metodologia, o mordente cloreto de sódio será substituído por 28-40 mL de acetato de ferro ou acetato de cobre.

4.3. Teste de Lavagem/Solidez de Cor

O teste de solidez da cor tem como base a norma ABNT NBR ISO 105-C06:2010 (Têxteis – Ensaio de solidez da cor – Solidez da cor à lavagem doméstica e comercial). Para avaliação da solidez é indicado utilizar a escala cinza, conforme normas técnicas ABNT NBR ISO 105- A02:2006: escala cinza para avaliação da alteração da cor, que varia de 1 a 5 sendo 5 a nota máxima, ou seja, quando não há alteração da cor.

Para testes de solidez da cor foi desenvolvida uma metodologia em substituição à escala cinza, considerando as dificuldades de obtenção da escala cinza, devido aos altos custos. O método desenvolvido e ainda não validado envolve enxaguar os tecidos tingidos até tirar todo o excesso de corante e secar a sombra. Após, os tecidos foram submetidos a lavagem à mão, e foram utilizados 3 (três) produtos de limpeza diferentes comumente utilizados na lavagem de roupas: sabão em pó, detergente neutro e sabão de glicerina. Cada amostra de tecido tingido foi cortada em quatro quadrados iguais. Uma quarta parte não foi lavada para controle, enquanto as outras três partes foram lavadas com os três diferentes produtos de limpeza. Quando cabível, seguiu-se as instruções da embalagem, caso contrário, utilizou-se um pingote de sabão para a lavagem. Cada amostra de tecido era esfregada por em torno de 20 segundos, enxaguada com água em abundância e colocada para secar na sombra, em um varal.

4.4. Análise de Resíduos

Para as quantificações de resíduos de metais pesados (ferro e cobre) gerados pelos tingimentos, foram coletadas alíquotas de 5 mL das lavagens de tingimentos que continham acetato de ferro e acetato de cobre. As lavagens foram recolhidas em bacias e o resíduo da lavagem recolhido foi de aproximadamente 1 litro. Para a análise de cobre e ferro, foi utilizado o Espectrofotômetro de Absorção Atômica, da marca SHIMADZU, modelo AA-7000F versão chama, (Central Analítica da UFCSPA). Para ambas as análises, foram utilizadas chama Ar-C₂H₂. As análises foram realizadas nos comprimentos de onda 324,8 nm e 248,8 nm para análises de cobre e ferro, respectivamente.

Para a construção da curva padrão foram utilizadas as concentrações de padrões apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Curva de calibração para as análises cobre e ferro nas lavagens dos tingimentos

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
Cobre	0,0 mg/L	0,2 mg/L	0,4 mg/L	0,6 mg/L	0,8 mg/L	1,0 mg/L
Ferro	0,000 mg/L	0,250 mg/L	0,500 mg/L	1,000 mg/L	2,000 mg/L	-

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o desenvolvimento dos tingimentos seguindo as metodologias selecionadas foi possível atingir diferentes cores e tons de cores utilizando apenas 3 (três) resíduos diferentes, oriundos de descartes alimentícios. Verificamos que foi possível replicar tingimentos com resultados muito semelhantes ou idênticos quando cloreto de sódio e acetato de cobre foram utilizados como mordentes. Além disso, foi constatado que ao se utilizar acetato de ferro como mordente, a cor final dos tecidos apresentava uma tonalidade do corante mais amarelada, assim, expandindo o leque de cores possíveis. Importante ressaltar que a substituição da água ultrapura pela água da torneira não interferiu nos resultados dos tingimentos, sendo possível trabalhar com uma excelente perspectiva econômica nos tingimentos, considerando que a água utilizada não precisa passar por nenhum processo de purificação, que encareceria o processo.

Processo de tingimento natural utilizando a cebola amarela como corante

A tabela 3 apresenta os parâmetros dos tingimentos desenvolvidos utilizando a casca de cebola amarela sem alteração de pH. A tabela 4 apresenta as respectivas colorações obtidas para os tingimentos.

Tabela 3 – Quantidade de corante, tipo e quantidade de mordente utilizados nos tingimentos com casca de cebola amarela.

Cód.	Casca de Cebola (g)	Mordente	Quantidade de Mordente
CA-01	3,87	Cloreto de Sódio	8,0 g
CA-02	1,57	Cloreto de Sódio	7,0 g
CA-03	3,48	Acetato de Ferro	4 mL
CA-04	1,76	Acetato de Ferro	4 mL
CA-05	4,79	Cloreto de Sódio	8,0 g
CA-06	5,28	Cloreto de Sódio	7,6 g
CA-07	4,41	Acetato de Ferro	4 mL
CA-08	5,60	Acetato de Ferro	4 mL
CA-09	4,34	Cloreto de Sódio	7,6 g
CA-10	3,56	Acetato de Cobre	4 mL
CA-11	4,28	Acetato de Cobre	8 mL
CA-12	4,48	Acetato de Cobre	4 mL
CA-13	1,51	Acetato de Cobre	4 mL
CA-14	4,41	Acetato de Ferro	4 mL
CA-15	6,09	Acetato de Ferro	4 mL
CA-16	6,06	Acetato de Cobre	4 mL

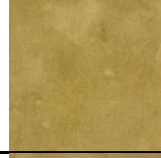
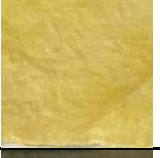
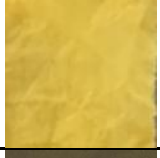





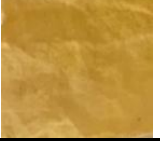
CA-17	6,06	Cloreto de Sódio	7,0 g
CA-18	3,47	Acetato de Ferro	8 mL
CA-19	3,55	Acetato de Ferro	16 mL
CA-20	1,67	Acetato de Ferro	12 mL
CA-21	4,27	Acetato de Ferro	16 mL
CA-22	3,41	Acetato de Cobre	8 mL
CA-23	3,49	Acetato de Cobre	16 mL
CA-24	4,33	Acetato de Cobre	16 mL
CA-25	4,52	Acetato de Ferro	8 mL
CA-26	4,51	Acetato de Ferro	8 mL
CA-27	4,38	Acetato de Cobre	8 mL
CA-28	4,35	Cloreto de Sódio	7,6 g
CA-29	3,55	Acetato de Ferro	4 mL
CA-30	4,27	Acetato de Cobre	8 mL
CA-31	4,52	Acetato de Cobre	4 mL
CA-32	1,71	Acetato de Cobre	4 mL


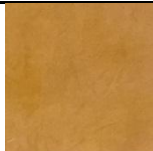
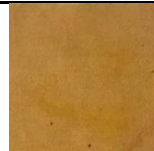

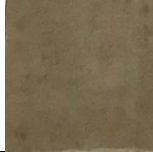

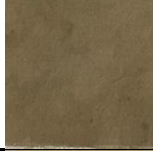
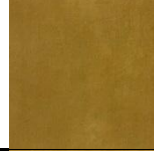
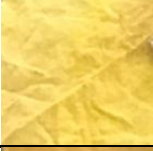
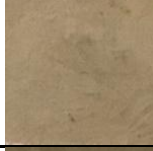
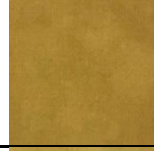
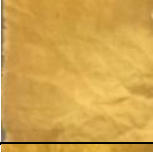
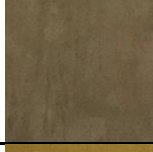
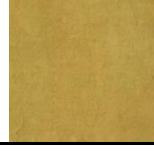


Nomenclaturas: exemplo CA-01 significa: Cebola Amarela, amostra 01 e assim consecutivamente para cada amostra.

Quantidade de água utilizada para o banho de tingimento: 300 mL

Tempo deixado em repouso: 1 hora

Tabela 4 – Tecidos de algodão tingidos com casca de cebola amarela.

	Cód.	Tecido	Cód.	Tecido	Cód.	Tecido
Cebola Amarela	CA-01		CA-12		CA-23	
	CA-02		CA-13		CA-24	
	CA-03		CA-14		CA-25	
	CA-04		CA-15		CA-26	
	CA-05		CA-16		CA-27	

	CA-06		CA-17		CA-28	
	CA-07		CA-18		CA-29	
	CA-08		CA-19		CA-30	
	CA-09		CA-20		CA-31	
	CA-10		CA-21		CA-32	
	CA-11		CA-22			

Processo de Tingimento natural utilizando a cebola roxa como corante

A tabela 5 apresenta os parâmetros dos tingimentos desenvolvidos utilizando a casca de cebola roxa sem alteração de pH. A tabela 6 apresenta as respectivas colorações obtidas para os tingimentos.

Tabela 5 – Quantidade de corante, tipo e quantidade de mordente utilizados nos tingimentos com casca de cebola roxa.



TAG	Casca de Cebola (g)	Mordente	Quantidade
CR-01	13,200	Cloreto de Sódio	20,103 g
CR-02	10,560	Cloreto de Sódio	20,103 g
CR-03	8,800	Cloreto de Sódio	20,103 g
CR-04	6,160	Cloreto de Sódio	20,103 g
CR-05	4,400	Cloreto de Sódio	20,103 g
CR-06	1,760	Cloreto de Sódio	20,103 g
CR-07	0,880	Cloreto de Sódio	20,103 g
CR-08	4,400	Acetato de Ferro	15 mL

Nomenclaturas: exemplo CR-01 significa: Cebola Roxa, amostra 01 e assim consecutivamente para cada amostra.

Quantidade de água utilizada para o banho de tingimento: 360 mL

Tempo deixado em repouso: 1 hora

Tabela 6 – Tecidos de algodão tingidos com casca de cebola roxa

	Cód.	Tecido	Cód.	Tecido	Cód.	Tecido
Cebola Roxa	CR-01		CR-04		CR-07	
	CR-02		CR-05		CR-08	
	CR-03		CR-06			

Processo de Tingimento natural utilizando o feijão preto como corante

A tabela 7 apresenta os parâmetros dos tingimentos desenvolvidos utilizando feijão preto sem alteração de pH. A tabela 8 apresenta as respectivas colorações obtidas para os tingimentos.



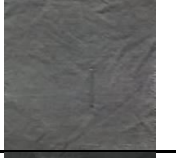


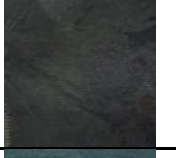




Tabela 7 – Quantidade de corante, tipo e quantidade de mordente, quantidade de água e tempo de repouso utilizados nos tingimentos com feijão preto.

Cód.	Feijão Preto (g)	Mordente	Quantidade	Quantidade de Água (mL)	Tempo de Molho
FP-01	160	Acetato de Cobre	38 mL	300	72 horas
FP-02	54	Acetato de Cobre	40 mL	300	24 horas
FP-03	264	Cloreto de Sódio	58,29 g	500	96 horas
FP-04	160	Acetato de Ferro	38 mL	300	168 horas
FP-05-1	264	Cloreto de Sódio	58,29 g	500	1 hora
FP-05-2	264	Cloreto de Sódio	58,29 g	500	1 hora
FP-06-1	264	Cloreto de Sódio	58,29 g	500	168 horas
FP-06-2	264	Cloreto de Sódio	58,29 g	500	168 horas
FP-07-1	152	Cloreto de Sódio	32,51 g	300	1 hora
FP-07-2	152	Cloreto de Sódio	32,51 g	300	1 hora

Nomenclatura: exemplo FP-01 significa Feijão Preto amostra 01 e assim consecutivamente para cada amostra

Tempo que o banho de tingimento foi mantido em ebulição: 5 minutos

Tabela 8 – Tecidos de algodão tingidos com feijão preto

	Cód.	Tecido	Cód.	Tecido	Cód.	Tecido
Feijão Preto	FP-01		FP-05-1		FP-05-2	
	FP-02		FP-06-1		FP-06-2	
	FP-03		FP-07-1		FP-07-2	
	FP-04					

5.1. Cebola Amarela

Com a casca de cebola amarela, foi obtida a maior diversidade de tons, passando por laranjas, amarelos, beges e marrons de intensidades diferentes. Primeiramente, observamos que a intensidade dos tons era diretamente proporcional à quantidade de casca de cebola amarela utilizada, tons amarelados que transacionam para laranja a partir de aproximadamente 1,600 g. Também é importante salientar que, comparando os tingimentos CA-01 (cloreto de sódio como mordente) com CA-12 (acetato de cobre como mordente), CA-02 (cloreto de sódio como mordente) com CA-13 (acetato de cobre como mordente), CA-16 (acetato de cobre como mordente) com CA-17 (cloreto de sódio como mordente), o cloreto de sódio apresentou resultados muito semelhantes aos tingimentos que foi utilizado acetato de cobre como mordente e produzindo três cores diferentes. Deste modo, considerando o resíduo de casca de cebola amarela como corante, o cloreto de sódio apresentou-se como um ótimo substituto ao acetato de cobre, proporcionando um processo de tingimento 100% verde. Estes resultados são corroborados por 14 e 15 que, apesar de funcionarem por meios diferentes, o cloreto de sódio, que age

facilitando o corante direto ao retirar cargas negativas do tecido, e o acetato de cobre, que forma complexos de coordenação corante-mordente-tecido, cumprem a mesma função. De acordo com a literatura, a casca de cebola amarela pode ser utilizada como corante para obtenção de tingimentos naturais das cores amarela e alaranjado claro (ALBUQUERQUE, 2013; ZUBAIRU; MSHELIA, 2015).

Tonalidades de laranja “vivo” podem ser obtidos quando adicionados mordentes metálicos, (mordentes de cobre) (BOTTERI; MILJKOVIĆ; GLOGAR, 2022; NURUNNESA; MD. ALAMGIR HOSSAIN; MD. MAHBUBUR RAHMAN, 2018) e marrom com mordentes de ferro (BOTTERI; MILJKOVIĆ; GLOGAR, 2022; DUTTA et al., 2021). A cor amarela também pode ser obtida utilizando-se alumínio como mordente (BOTTERI; MILJKOVIĆ; GLOGAR, 2022; DUTTA et al., 2021; NURUNNESA; MD. ALAMGIR HOSSAIN; MD. MAHBUBUR RAHMAN, 2018). Com os métodos desenvolvidos nesse trabalho controlando-se a quantidade de casca de cebola e cloreto de sódio, foram obtidas colorações amarelas e laranjas com uma intensidade de cores diferentes traçando-se uma nova tendência de estudo de tingimento ambientalmente amigável a partir da casca de cebola amarela, extinguindo-se os mordentes metálicos.

5.2. Cebola Roxa

O resultado do uso da casca da cebola roxa foi surpreendente devido a sua capacidade de tingir os tecidos com cores tão diferentes com apenas a alteração da quantidade de corante utilizada (massa da casca de cebola), enquanto os outros parâmetros da metodologia foram mantidos constantes.

Desta forma, podemos identificar que com massas mais elevadas de cebola roxa o tingimento tendia à bordô e que com menores massas o tingimento ficava vermelho claro, chegando à coloração amarela e tons esverdeados. Entretanto, em uma vasta procura sobre essas colorações na literatura, não foram encontradas referências a esse fenômeno. Suspeitamos que a explicação mais plausível para tal seja que com a diminuição do corante ocorra uma diminuição cianidina e outro corante, mais claro, que antes era sobreposto pela cianidina, fique então visível. Cabe salientar que é apenas uma suposição e para confirmar esta hipótese, estudos mais aprofundados teriam que ser realizados.

Na literatura, não há uma distinção exata entre os diferentes tipos de cebola, sendo que os autores preferem utilizar apenas “cebola” ou seu nome científico,

Allium cepa L., dificultando a pesquisa de trabalhos para a comparação com os nossos resultados. Entretanto, algumas referências encontradas demonstram tecidos tingidos com casca de cebola roxa com coloração bege em tingimentos sem fixador (DEBNATH, 2018), e cores amareladas e avermelhadas utilizando fixadores metálicos como alumínio, cádmio e outros, similar a um de nossos resultados encontrados (GÜMRÜKÇÜ; ÖZGÜR; GÜLTEKIN, 2008; UDDIN, 2014).

5.3. Feijão Preto

Os resultados obtidos pelo tingimento com o feijão preto proporcionaram as tonalidades de azul, notório por ser uma cor rara na natureza e de difícil obtenção através de corantes naturais que possuam uma boa solidez de cor.

Um dos pontos mais interessantes a ser relatado quanto aos tingimentos realizados é a interação entre o tempo que o tecido ficou em repouso (submerso no banho de tingimento) e a tonalidade final do mesmo, o que pode ser evidenciado ao se comparar os tingimentos FP-05 e FP-06. Diante da comparação do tempo de repouso pode ser observado que com maior tempo de repouso, a cor final tendeu ao preto e com menor tempo ficou um tom acinzentado. Conclui-se então que a partir das mesmas quantidades de corante /mordente somente o fator tempo de repouso foi decisivo para a seleção da cor (cinza ou preta). Outro fator importante a ser destacado está relacionado a quantidade de corante (massa de feijão). Com quantidades mais altas, a tonalidade atingida aproximou-se mais de azuis escuros, principalmente do azul marinho (FP-03 e FP-06), enquanto com quantidades menores a coloração final aproximou-se do azul turquesa (FP-07) e menores ainda, um azul quase acinzentado (FP-2 e FP-05).

Similarmente à cebola roxa, artigos que utilizam especificamente a variedade do feijão preto, encontrada e mais difundida na América do Sul para tingimentos naturais, são quase inexistentes. As únicas fontes encontradas foram patentes de processos de extração de corantes que alegam a extração de um corante preto (LI et al., 2017a, 2017b). Assim, devido à obtenção de tingimentos de colorações azul-marinho e turquesa, uma pesquisa mais aprofundada quanto aos pigmentos do feijão se faz necessária.

5.4. Testes de Lavagem/Solidez da Cor

Considerando a indisponibilidade da escala cinza para análise do teste de cor foi feita uma busca em artigos referentes ao tingimento natural. Dos 11 artigos procurados, 5 apresentavam a escala cinza como teste de solidez, 4 não indicavam o método de lavagem e 2 indicavam a comparação de cor por espectrofotometria (tabela 9). Metodologias de tingimento natural ainda são pouco estabelecidas na literatura e uma carência em artigos específicos foi detectada nessa revisão. Diante da pouca literatura científica encontrada foram buscadas soluções caseiras para lavagem dos tecidos em estudo.

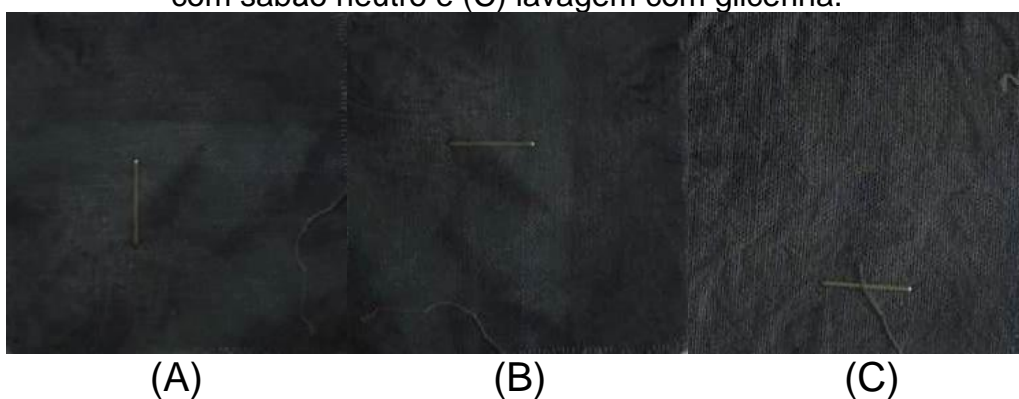
Tabela 9 – Levantamento da literatura quanto aos métodos de verificação de solidez de cor

Artigo	Escala Cinza	Não Indicado	Espectrofotômetro
(NARIMATSU, 2020)		X	
(OLIVEIRA, 2018)	X		
(DA SILVA et al., 2016)	X		
(NEIRA; DE CARVALHO, 2017)		X	
(ROSSI, 2009)	X		
(OLIVEIRA et al., 2022)			X
(BARBOSA; KANAMARU, 2019)		X	
(ROSSI et al., 2012)	X		
(BALAN, 2017)		X	
(SILVA et al., 2017)	X		
(FALCÃO et al., 2021)			X

Diante do exposto, optamos pela lavagem descrita em metodologia “caseiras” ou de ateliers de tingimentos por considerarmos maior repetição entre as recomendações encontradas na internet: Lavar o tecido a mão (“Como lavar”, [s.d.]; “Cuidados com a roupa”, [s.d.]; MAROCCOLO, 2020), utilizar água fria (“Como lavar”, [s.d.]; “Cuidados com a roupa”, [s.d.]; PRETTYNEWS, 2019), utilizar sabão neutro (“Cuidados com a roupa”, [s.d.]; MAROCCOLO, 2020) e deixar secar na sombra (“Como lavar”, [s.d.]; “Cuidados com a roupa”, [s.d.]; MARIANA, 2021; MAROCCOLO, 2020; PRETTYNEWS, 2019). Dentro dessa perspectiva relatada, foi decidido realizar testes de lavagem utilizando também sabão de glicerina e sabão em pó, pois assim, seria possível uma maior compreensão de como os tingimentos reagiriam frente a outros produtos comuns na lavagem de tecidos e peças de roupas e então sendo possível delimitar restrições de uso a certos produtos de limpeza de roupas.

Após realização do teste de lavagem com sabão líquido neutro e sabão líquido de glicerina e comparando os resultados, concluiu-se que ambas as lavagens apresentaram resultados finais semelhantes. Uma pequena diferença foi observada com a lavagem com sabão neutro que demonstrou maior manutenção da cor original do tecido, com o mínimo de desbotamento da coloração do tecido tingido. A figura 7 apresenta as lavagens do tingimento FP-03, utilizando sabão líquido neutro e sabão líquido de glicerina.

Figura 7 – Comparativo do tingimento FP-03: (A) tecido original, (B) lavagem com sabão neutro e (C) lavagem com glicerina.



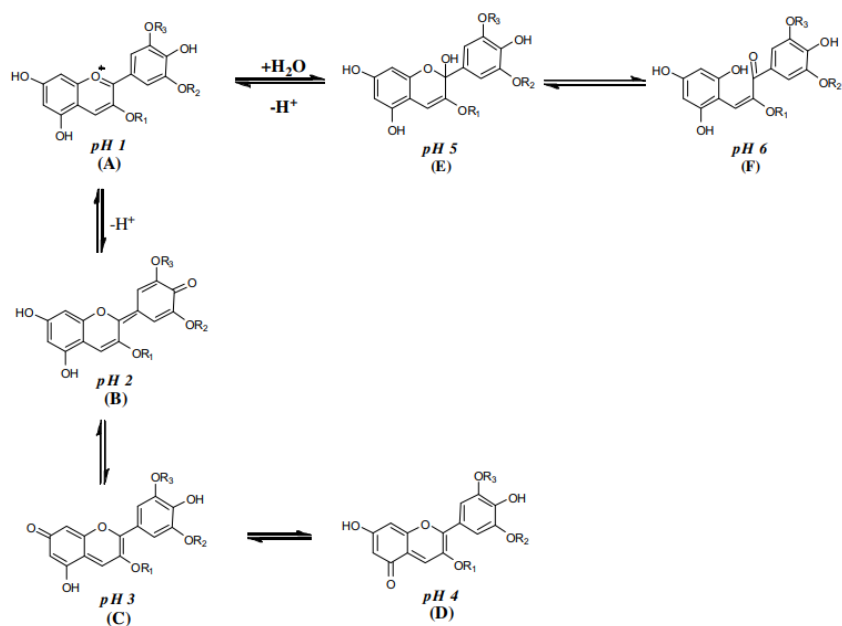
Importante ressaltar que nos tingimentos realizados com casca de cebola amarela e roxa após a lavagem com sabão líquido neutro e sabão líquido de glicerina apresentaram a mesma tendência de manutenção da cor que a amostra (FP-03). Também foram avaliadas lavagens dos tingimentos com sabão em pó de duas marcas diferentes e sabão líquido não neutro também de duas marcas diferentes (as marcas não serão divulgadas). Após a lavagem com os sabões descritos acima se percebeu mudança de cor imediata, além de grande desbotamento. A figura 8 apresenta uma comparação dos tingimentos utilizando feijão preto antes (A) e depois de serem lavados utilizando sabão em pó (B).

Figura 8 – Comparação dos tingimentos utilizando feijão preto antes (A) e depois de lavados utilizando sabão em pó (B).



Pesquisando esse fato, constatou-se que as antocianinas, além de corantes, são conhecidas e utilizadas como indicadores ácido-base naturais (ANDRETTA et al., 2019; KOOSHA; HAMED, 2019; LIRE; DOCTERS; HORAK, 2018; PRIETTO et al., 2017; ROY; RHIM, 2021; SOHANY et al., 2021). Um indicador de pH é um composto que é capaz de demonstrar visualmente, através de sua coloração ou através de metodologias espectrométricas, a acidez ou alcalinidade de uma solução a qual é adicionado (HARRIS, 2005). Os flavonoides, especialmente as antocianinas, são moléculas sensíveis à mudança de pH. Em condições ácidas a estrutura mais estável das antocianinas é na forma de cátion flavílio que atribui suas colorações vermelhas e roxas, mas com a alcalinização do meio, competição cinética e termodinâmica, ocorre entre a reação de hidratação do cátion flavílio e da protonação relacionada a seus grupos hidroxilas ácidos (CASTAÑEDA-OVANDO et al., 2009; KALTHUM IB; IDAYU MUHA; MOHD SALLE, 2011). Com pH acima de 4 há a formação de bases quinoidais, de cor púrpura, que com sua desproporção adicional (pH 6) atinge tonalidades azuis (CASTAÑEDA-OVANDO et al., 2009; KALTHUM IB; IDAYU MUHA; MOHD SALLE, 2011). A figura 9 apresenta as formas químicas de uma antocianina genérica e seus respectivos pH.

Figura 9 – Formas químicas da antocianina, dependendo de seu pH.



Fonte: (CASTAÑEDA-OVANDO et al., 2009, editado)

Com base nesta informação, verificamos o pH da água com sabão em pó que se apresentou próximo do pH 10, confirmando que a alteração da cor do tecido era causada pela alcalinização do meio. Da mesma forma que determinamos que os tecidos não poderiam ser lavados com sabão em pó, e apenas lavados com detergente neutro ou sabão de glicerina, esta descoberta nos deu a ideia de realizar tingimentos com o controle do pH para tentar alcançar outras cores/tons em trabalhos futuros.

5.5. Análise das Concentrações de Metais Pesados

Foram realizadas análises para quantificar as concentrações dos metais pesados cobre e ferro residuais dos processos de tingimento e das lavagens dos tecidos tingidos. Os dados foram compilados na Tabela 10.

Tabela 10 – Concentrações obtidas da análise dos resíduos e concentração máxima permitida (CONAMA, 430, 2011).

Amostra 1 (cobre)	Concentração (mg/L)	Limite de íons Cu dissolvidos permitido (mg/L)	Amostra 2 (ferro)	Concentração (mg/L)	Limite de íons Fe dissolvidos permitido (mg/L)
Solução de corante	0,640	1,0	Solução de corante	6,703	15,0
Lavagem 1	Abaixo do LOQ		Lavagem 1	0,0223	
Lavagem 2	Abaixo do LOQ		Lavagem 2	Abaixo do LOD	

Como pode ser observado, a maior parte dos mordentes com cobre e ferro fixaram no tecido e os descartes líquidos apresentaram valores inferiores ao permitido pelo CONAMA, 430, 2011, cancelando o tingimento como uma proposta como tingimento natural.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tema abordado no presente trabalho apresenta uma área de extrema relevância, a ser trabalhada e expandida, devido aos impactos ambientais gerados pelos resíduos da fabricação têxtil. Apesar disso ainda há uma escassez de materiais padronizados e artigos científicos na literatura, por ser um tópico que vem ganhando notoriedade científica mais recentemente, em especial quando se trata do tingimento natural de tecidos utilizando técnicas ambientalmente amigáveis.

Desta forma, o presente trabalho se inspirou e referenciou materiais menos ortodoxos para sua elaboração, como teses e outros trabalhos de conclusão de curso, bem como websites, blogs e criadores de conteúdo virtual, selecionados após devidamente averiguados.

Com os resultados obtidos, conclui-se que foi possível confeccionar os tecidos tingidos naturalmente utilizando metodologias sustentáveis ao utilizar resíduos de alimentos e obter cores distintas, sendo elas as cores primárias subtrativas (vermelho (próximo bordô), amarelo e azul) bem como a cor laranja, e assim, traçar uma relação entre as cores obtidas e a metodologia utilizada (quantidade de corante, mordente utilizado, tempo de repouso, etc).

Considerando que o tingimento do algodão foi realizado da forma mordente conjugado e tendo em vista que o algodão (constituído de celulose), que constitui quase completamente as fibras de algodão, é um polissacarídeo funcionalizado principalmente por grupos álcool primário, conclui-se que os corantes utilizados nesse trabalho geraram complexos de coordenação junto com os íons metálicos dos mordentes de ferro e de cobre e os grupos funcionais das cadeias poliméricas das fibras naturais, melhorando a solidez de cor (DING; FREEMAN, 2017; SAMANTA; AGARWAL, 2009). Da mesma forma, comparando os tecidos tingidos utilizando mordentes conjugados e os tingidos com cloreto de sódio e verificando a semelhança de seus resultados, inferiu-se que o cloreto de sódio agiu facilitando a fixação do corante nas fibras do algodão ao neutralizar as cargas de repulsão presentes no tecido (HOLME, 2016).

Infelizmente, o teste de solidez de cor não pode ser realizado com a metodologia apropriada da norma ABNT NBR ISO 105-C06:2010, contudo, a metodologia utilizada tentou recriar o mais fiel possível como uma peça de roupa produzida com tingimento natural deveria ser lavada. Diante do exposto conclui-se

que ainda existe um grande campo de pesquisa referente à resíduos têxteis/ tingimento natural que não foram explorados, o que ficou registrado nesse trabalho. As técnicas da cebola roxa e feijão preto foram minimamente exploradas com mudanças apenas na massa do corante. Uma das perspectivas abertas por esse trabalho diz respeito à investigação mais específica dos efeitos das variações de pH no processo de tingimento, aumentando ainda mais a paleta de cores atingidas, o que certamente irá inovar e ampliar os tons obtidos pelas técnicas de tingimento natural. Assim, conclui-se que, existe um grande espaço para pesquisas futuras relacionadas ao tingimento natural e aproveitamento dos resíduos têxteis, colaborando com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável números 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15 e 16 da Agenda 2030 (2023).

REFERÊNCIAS

- ABEL, A. The history of dyes and pigments. Em: **Colour Design**. [s.l.] Elsevier, 2012. p. 557–587.
- ABRAHART, E. N.; STOTHERS, J. B. **Dye**. Disponível em: <<https://www.britannica.com/technology/dye>>. Acesso em: 21 fev. 2023.
- AGENDA 2030. ODS – Objetivos de desenvolvimento sustentável.[acessado em 13 jan 2023]. Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br/>
- ALBUQUERQUE, A. P. **Avaliação do uso de chás (Camellia sinensis) e infusão da casca de cebola (Allium cepa L.) como corantes naturais para tingimento de tecidos de algodão**. TCC (Graduação em Química Industrial)—Campina Grande - PB: Universidade Estadual da Paraíba, 2013.
- ALCÂNTARA, M. R.; DALTIM, D. A Química do Processamento Têxtil. **Química Nova**, v. 19, n. 3, p. 320–330, 1996.
- ALMEIDA, Â.; SUYENAGA, E. S. Ação farmacológica do alho (*Allium sativum* L.) e da cebola (*Allium cepa* L.) sobre o sistema cardiovascular: revisão. **Nutrire (Impresso): Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, v. 34, n. 1, p. 185–197, 2009.
- ANDERSEN, Ø. M.; JORDHEIM, M. Anthocyanins. Em: JOHN WILEY & SONS, LTD (Ed.). **eLS**. 1. ed. [s.l.] Wiley, 2010.
- ANDRETTA, R. et al. Development and characterization of pH-indicator films based on cassava starch and blueberry residue by thermocompression. **Food Hydrocolloids**, v. 93, p. 317–324, ago. 2019.
- ANICET, A.; RÜTHSCHILLING, E. A. **Relação entre moda e sustentabilidade**. . Em: 9º COLÓQUIO DE MODA. Fortaleza, CE: 2013.
- ARAÚJO, M. E. M. DE. Natural dyestuffs from Antiquity to modern days. **Conservar Patrimônio**, v. 3–4, p. 39–51, 2006.
- BALAN, D. DE S. L. **AVALIAÇÃO DA FITOTOXICIDADE DE RESÍDUOS VEGETAIS GERADOS DA EXTRAÇÃO DO CORANTE NATURAL HIBISCO (Hibiscus sabdariffa L.) PARA TINGIMENTO TÊXTIL**. . Em: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE - VOL. 5. João Pessoa, PB: 2017.
- BARBOSA, P. DO N. I.; KANAMARU, A. T. **TINGIMENTO NATURAL: APLICAÇÃO DO MORDENTE ANTES E DEPOIS DO CORANTE**. . Em: 15º COLÓQUIO DE MODA. Porto Alegre, RS: 2019.
- BARRA, DR. R. **Benefícios do Feijão Preto para a saúde**. . Acesso em: 20 jan. 2023.

BOTTERI, L.; MILJKOVIĆ, A.; GLOGAR, M. I. Influence of Cotton Pre-Treatment on Dyeing with Onion and Pomegranate Peel Extracts. **Molecules**, v. 27, n. 14, p. 4547, 16 jul. 2022.

CASTAÑEDA-OVANDO, A. et al. Chemical studies of anthocyanins: A review. **Food Chemistry**, v. 113, n. 4, p. 859–871, abr. 2009.

CEBOLA ROXA. Disponível em: <<https://www.livup.com.br/ingredientes/cebola-roxa>>. Acesso em: 17 jan. 2023.

CLARK, M. (ED.). **Handbook of textile and industrial dyeing. volume 1: Principles, processes and types of dyes**. Oxford Cambridge Philadelphia New Delhi: Woodhead Publishing, 2011.

COELHO, J. D. **FEIJÃO: PRODUÇÃO E MERCADOS**. Brasil: Escritório Técnico de Estudos Economicos do Nordeste - ETENE, 2021.

Como lavar. Disponível em: <<https://manifestoorganico.com.br/como-lavar/>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução N° 430, de 13 de maio de 2011**. Brasil: Publicação DOU n° 92, 2011.

COSTA, A. F. DE S. **Aplicação de tratamentos biológico e físico-químico em efluentes de lavanderia e tinturaria industriais do município de Toritama no estado de Pernambuco**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais)—Brasil: Universidade Católica de Pernambuco, 2008.

COSTA, A. F. DE S. **TINGIMENTO NATURAL UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA A ÁREA**. . Em: VIII COLÓQUIO DE MODA: 5° CONGRESSO INTERNACIONAL. Rio de Janeiro - RJ, 2012.

COX, K. D. et al. Human Consumption of Microplastics. **Environmental Science & Technology**, v. 53, n. 12, p. 7068–7074, 18 jun. 2019.

COX, K. D. et al. Correction to Human Consumption of Microplastics. **Environmental Science & Technology**, v. 54, n. 17, p. 10974–10974, 1 set. 2020.

Cuidados com a roupa. Disponível em: <<https://www.flaviaaranha.com/p/cuidados-com-a-roupa>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

DA SILVA, M. G. et al. **Tingimento de têxteis com o corante natural extraído dos excrementos do bicho-da-seda**. . Em: 4° CONGRESSO CIENTÍFICO TÊXTIL E MODA. Blumenau, SC: 2016.

DEBNATH, A. Natural Dyeing of Cotton Fabric by Extruded Pelargonidin of Red Onion Skin and Finished it Naturally with Aloe Vera. **International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources**, v. 14, n. 2, 14 set. 2018.

DELGADO, D. FAST FASHION: ESTRATÉGIA PARA CONQUISTA DO MERCADO GLOBALIZADO. **ModaPalavra e-periódico**, n. 2, p. 3–10, 2008.

DING, Y.; FREEMAN, H. S. Mordant dye application on cotton: optimisation and combination with natural dyes. **Coloration Technology**, v. 133, n. 5, p. 369–375, out. 2017.

DONG, F.; JIA, Y.; PENG, W. **Extraction method of onion skin dye liquor, the onion skin dye liquor and application of the onion skin dye liquor in protein textiles.** , 14 fev. 2020.

DOS SANTOS, C. N. et al. Flavonols and Flavones. Em: TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; GONZÁLEZ-SARRÍAS, A.; GARCÍA-VILLALBA, R. (Eds.). **Dietary Polyphenols**. 1. ed. [s.l.] Wiley, 2020. p. 163–198.

DOTTLE, R.; GU, J. **The Real Environmental Impact of the Fashion Industry.** Disponível em: <<https://www.bloomberg.com/graphics/2022-fashion-industry-environmental-impact/>>. Acesso em: 20 jun. 2022.

DUTTA, P. et al. Impacts of natural and synthetic mordants on cotton knit fabric dyed with natural dye from onion skin in perspective of eco-friendly textile process. **Materials Today: Proceedings**, v. 47, p. 2633–2640, 2021.

EUROPEAN PARLIAMENT. **The impact of textile production and waste on the environment (infographic).** Disponível em: <<https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20201208STO93327/the-impact-of-textile-production-and-waste-on-the-environment-infographic>>. Acesso em: 26 fev. 2023.

FALCÃO, T. R. et al. Tingimento natural em algodão com anadenanthera macrocarpa (benth) / Optimization of a natural dyeing of cotton with anadenanthera macrocarpa (benth). **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 115070–115082, 29 dez. 2021.

Fashioning Sustainability. Disponível em: <<http://www.forumforthefuture.org/project/fashioning-sustainability/overview>>. Acesso em: 27 set. 2022.

FIOROTTO, N. R. **Química dos Corantes.** Disponível em: <<https://textil.sp.senai.br/5725/quimica-dos-corantes>>. Acesso em: 21 jan. 2023.

FORGACS, E.; CSERHÁTI, T.; OROS, G. Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review. **Environment International**, v. 30, n. 7, p. 953–971, set. 2004.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 71–78, fev. 2000.

GÜMRÜKÇÜ, G.; ÖZGÜR, M. Ü.; GÜLTEKİN, C. Extraction of Anthocyanin Pigments from Red Onion (*Allium cepa* L.) and Dyeing Woolen Fabrics. **Asian Journal of Chemistry**, v. 20, n. 4, p. 2891–2902, 2008.

HAJI, A.; BRANCH, B. Eco-friendly dyeing and antibacterial treatment of cotton. **Cellulose Chemistry and Technology**, v. 47, p. 303–308, 2013.

HARRIS, D. C. **Exploring chemical analysis**. 3rd ed ed. New York: W.H. Freeman, 2005.

HOLME, I. Coloration of technical textiles. Em: **Handbook of Technical Textiles**. [s.l.] Elsevier, 2016. p. 231–284.

KALTHUM IB, U.; IDAYU MUHA, I.; MOHD SALLE, R. The Effect of pH on Color Behavior of Brassica oleracea Anthocyanin. **Journal of Applied Sciences**, v. 11, n. 13, p. 2406–2410, 15 jun. 2011.

KALYANI, D. C. et al. Ecofriendly biodegradation and detoxification of Reactive Red 2 textile dye by newly isolated Pseudomonas sp. SUK1. **Journal of Hazardous Materials**, v. 163, n. 2–3, p. 735–742, abr. 2009.

KOOSHA, M.; HAMED, S. Intelligent Chitosan/PVA nanocomposite films containing black carrot anthocyanin and bentonite nanoclays with improved mechanical, thermal and antibacterial properties. **Progress in Organic Coatings**, v. 127, p. 338–347, fev. 2019.

LI, Z. et al. **Method for dyeing real silk fabric with natural black dye**. , 26 abr. 2017a.

LI, Z. et al. **Method for dyeing wool fabrics by natural dye extracted from black bean peels**. , 10 maio 2017b.

LIMA, F. O.; BEZERRA, A. S. FLAVONOIDES E RADICAIS LIVRES. **Disciplinarum Scientia**, Ciências Naturais e Tecnológicas. v. 13, n. 1, p. 111–124, 2012.

LIRE, C. M. L.; DOCTERS, A.; HORAK, C. I. Evaluation of the quality and shelf life of gamma irradiated blueberries by quarantine purposes. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 143, p. 79–84, fev. 2018.

LUNA, S. V. S.; DE OLIVEIRA JÚNIOR, A. I.; SILVA, C. R. F. TINGIMENTOS NATURAIS NA FIBRA DE BANANEIRA: UMA PROPOSTA SUSTENTÁVEL PARA O ARTESANATO DO CARIRI CEARENSE. **Ciência e Sustentabilidade**, v. 3, n. 2, p. 46, 29 dez. 2017.

MARIANA. **Tingimento natural: um tutorial básico**. Disponível em: <<https://www.atelierterrarosa.com.br/post/tingimento-natural-um-tutorial-básico>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

MAROCCOLO, M. **Tingimento natural: como começar?** Disponível em: <<https://www.historiasdecasa.com.br/2020/07/16/tingimento-natural-em-tecidos-como-comecar/>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

MELO, J. S. S. DE; MELO, M. J.; CLARO, A. As moléculas da cor na arte e na natureza. **Boletim da Sociedade Portuguesa de Química**, p. 44, 1 jun. 2006.

MIRANDA, C. L.; MAIER, C. S.; STEVENS, J. F. Flavonoids. Em: JOHN WILEY & SONS, LTD (Ed.). **eLS**. 1. ed. [s.l.] Wiley, 2012.

MOURA, R. A. DE; MARCONDES, T. W. R. N. **Tingimento com corantes naturais da flora brasileira**. TCC (Tecnologia de Produção Têxtil)—Americana, SP: FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA, 2011.

MUSTROPH, H. Dyes, General Survey. Em: WILEY-VCH VERLAG GMBH & CO. KGAA (Ed.). **Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry**. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2014. p. 1–38.

NARIMATSU, B. M. G. CORANTES NATURAIS COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL NA INDÚSTRIA TÊXTEL NATURAL DYES AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE IN THE TEXTILE INDUSTRY LOS TINTES NATURALES COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN LA INDUSTRIA TEXTIL. **Revista Valore**, 2020.

NEEDLES, H. L. **Textile fibers, dyes, finishes, and processes: a concise guide**. Park Ridge, N.J., U.S.A: Noyes Publications, 1986.

NEIRA, D. S. M.; DE CARVALHO, M. Q. **O USO DO CAFÉ COMO RECURSO NATURAL PARA O TINGIMENTO TÊXTEL**. . Em: 13º COLÓQUI DE MODA. Bauru, SP: 2017.

NIINIMÄKI, K. et al. The environmental price of fast fashion. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 1, n. 4, p. 189–200, 7 abr. 2020.

NURUNNESA; MD. ALAMGIR HOSSAIN; MD. MAHBUBUR RAHMAN. Extraction of Natural Dye Collected from Outer Skin of Onion and Its Application on Silk Fabric. **Global Journals of Research in Engineering**, v. 18, n. J3, p. 1–6, 15 maio 2018.

OLIVEIRA, M. C. B. T. DE. **APLICAÇÃO DOS CORANTES NATURAIS URUCUM E CASCA DE CEBOLA NO TINGIMENTO DE TECIDOS PLANOS – ENSAIOS DE SOLIDEZ À LAVAGEM E À FRICÇÃO**. TCC (Graduação em Tecnologia em Produção Têxtil)—Americana, SP: FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA, 2018.

OLIVEIRA, W. F. et al. Tingimento natural de algodão cationizado com extrato dos frutos de jenipapo (*Genipa americana* L.) / Natural dyeing of cotton with jenipapo fruit extract (*Genipa americana* L.). **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 3, p. 16946–16958, 9 mar. 2022.

PASTOUREAU, M. **Bleu – Histoire d'une couleur**. França: Seuli, 2000.

PATEL, B. H. Natural dyes. Em: **Handbook of Textile and Industrial Dyeing**. [s.l.] Elsevier, 2011. p. 395–424.

PAULY, J. L. et al. Inhaled cellulosic and plastic fibers found in human lung tissue. **Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention: A Publication of the American Association for Cancer Research, Cosponsored by the American Society of Preventive Oncology**, v. 7, n. 5, p. 419–428, maio 1998.

PHAN, K. et al. The potential of anthocyanins from blueberries as a natural dye for cotton: A combined experimental and theoretical study. **Dyes and Pigments**, v. 176, p. 108180, maio 2020.

POOKULANGARA, S.; SHEPHARD, A. Slow fashion movement: Understanding consumer perceptions—An exploratory study. **Journal of Retailing and Consumer Services**, v. 20, n. 2, p. 200–206, mar. 2013.

PRATA, J. C. et al. Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. **Science of The Total Environment**, v. 702, p. 134455, fev. 2020.

PRETTYNEWS. **Saiba tudo sobre o tingimento natural de tecidos**. Disponível em: <<http://blog.prettynew.com.br/2019/09/30/saiba-tudo-sobre-o-tingimento-natural-de-tecidos/>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

PRIETTO, L. et al. pH-sensitive films containing anthocyanins extracted from black bean seed coat and red cabbage. **LWT**, v. 80, p. 492–500, jul. 2017.

RODRIGUEZ, F. **Plastic**. Disponível em: <<https://www.britannica.com/science/plastic>>. Acesso em: 26 fev. 2023.

ROSSI, T. **Estudo do potencial de uso do resíduo efluente gerado da destilação do óleo de folhas de eucalipto (Corymbia citriodora (Hook) Pryor e Johnson 1976), como corante natural para o tingimento têxtil de algodão**. Dissertação (Mestrado em Ciências)—Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo, 2009.

ROSSI, T. et al. Resíduo efluente de eucalipto como extrato corante para o tingimento têxtil de algodão. v. 3, n. 01, 2012.

ROY, S.; RHIM, J.-W. Anthocyanin food colorant and its application in pH-responsive color change indicator films. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, n. 14, p. 2297–2325, 6 ago. 2021.

SAMANTA, A. K.; AGARWAL, P. Application of natural dyes on textiles. **Indian Journal of Fibre & Textile Research**, v. 34, p. 384–399, 2009.

SAMANTA, P. A Review on Application of Natural Dyes on Textile Fabrics and Its Revival Strategy. Em: KUMAR SAMANTA, A.; S. AWWAD, N.; MAJDOOA ALGARNI, H. (Eds.). **Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments**. [s.l.] IntechOpen, 2020.

SENAI, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Cursos Técnicos. Beneficiamento do *Jeans* e Tingimento de Peças Confeccionadas. Recife: FIEPE/SENAI, 1998, 52p.

SHEDBALKAR, U.; DHANVE, R.; JADHAV, J. Biodegradation of triphenylmethane dye cotton blue by *Penicillium ochrochloron* MTCC 517. **Journal of Hazardous Materials**, v. 157, n. 2–3, p. 472–479, set. 2008.

SILVA, P. M. S. et al. **Corante extraído do pinhão para o tingimento de algodão e lã**. São Paulo, SP: 2017.

SOHANY, M. et al. Characterization of Anthocyanin Associated Purple Sweet Potato Starch and Peel-Based pH Indicator Films. **Foods**, v. 10, n. 9, p. 2005, 26 ago. 2021.

TAKEOKA, G. R. et al. Characterization of Black Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Anthocyanins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 9, p. 3395–3400, 1 set. 1997.

THE BUSINESS. **Textile Global Market Report 2023 – By Type (Other Textile Product Mills, Fabrics, Yarn, Fiber And Thread, Home Furnishings And Floor Coverings, Textile And Fabric Finishing And Fabric Coating Mills), By Material (Cotton, Jute, Silk, Synthetics, Wool), By Process (Woven, Non Woven) – Market Size, Trends, And Global Forecast 2023-2032**. Disponível em: <<https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/textile-global-market-report>>. Acesso em: 26 fev. 2023.

TSUDA, S. DNA Damage Induced by Red Food Dyes Orally Administered to Pregnant and Male Mice. **Toxicological Sciences**, v. 61, n. 1, p. 92–99, 1 maio 2001.

UDDIN, M. G. Effects of Different Mordants on Silk Fabric Dyed with Onion Outer Skin Extracts. **Journal of Textiles**, v. 2014, p. 1–8, 10 dez. 2014.

VENTURA-CAMARGO, B. DE C.; MARIN-MORALES, M. A. Azo Dyes: Characterization and Toxicity– A Review. **Textiles and Light Industrial Science and Technology**, v. 2, n. 2, 2013.

WALTHALL, W. K.; STARK, J. D. The acute and chronic toxicity of two xanthene dyes, fluorescein sodium salt and phloxine B, to *Daphnia pulex*. **Environmental Pollution**, v. 104, n. 2, p. 207–215, fev. 1999.

WANG, J. **Preparation and application of onion-skin natural dye**. , 1 out. 2014.

WEIGMANN, H.-D. H. **Cotton**. Disponível em: <<https://www.britannica.com/topic/cotton-fibre-and-plant>>. Acesso em: 24 fev. 2023.

WRIGHT, S. L.; KELLY, F. J. Plastic and Human Health: A Micro Issue? **Environmental Science & Technology**, v. 51, n. 12, p. 6634–6647, 20 jun. 2017.

ZHANG, K. et al. Understanding plastic degradation and microplastic formation in the environment: A review. **Environmental Pollution**, v. 274, p. 116554, abr. 2021.

ZHAO, H. **Method for printing and dyeing cotton fabric with plant dyes**. , 20 mar. 2020. Disponível em: <<https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DCN110894691A>>

ZUBAIRU, A.; MSHELIA, Y. M. Effects of Selected Mordants on the Application of Natural Dye from Onion Skin (*Allium cepa*). **Science and Technology**, 2015.