

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TÊXTIL E MODA

CAMILA CITTON PUCCINI

**Extração de corantes da casca de café (*Coffea arabica L.*) e de caroços de abacate
(*Persea americana Mill.*) para tingimento em tecido de algodão orgânico**

SÃO PAULO

2023

CAMILA CITTON PUCCINI

Extração de corantes da casca de café (*Coffea arabica L.*) e de caroços de abacate (*Persea americana Mill.*) para tingimento em tecido de algodão orgânico

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Têxtil e Moda.

Versão corrigida contendo as alterações solicitadas pela comissão julgadora em 30 de novembro de 2022. A versão original encontra-se em acervo reservado na Biblioteca da EACH/USP e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD), de acordo com a Resolução CoPGr 6018, de 13 de outubro de 2011.

Área de Concentração:
Têxtil e Moda

Orientadora:
Prof.^a Dr.^a Sirlene Maria da Costa

Coorientadora:
Prof.^a Dr.^a Miriam Sannomiya

SÃO PAULO

2023

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

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Escola de Artes, Ciências e Humanidades,
com os dados inseridos pelo(a) autor(a)
Brenda Fontes Malheiros de Castro CRB 8-7012; Sandra Tokarevicz CRB 8-4936

Citton Puccini, Camila

Extração de corantes da casca de café (*Coffea arabica* L.) e de caroços de abacate (*Persea americana* Mill.) para tingimento em tecido de algodão orgânico / Camila Citton Puccini; orientadora, Sirlene Maria da Costa; coorientadora, Miriam Sannomiya. -- São Paulo, 2022. 125 p: il.

Dissertacao (Mestrado em Ciencias) - Programa de Pós-Graduação em Têxtil e Moda, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, 2022.

Versão corrigida

1. Corante Natural. 2. Resíduos Agroindustriais. 3. Café Arábica. 4. Abacate Hass. 5. Algodão Orgânico. 6. Biomordente. I. Costa, Sirlene Maria da, orient. II. Sannomiya, Miriam, coorient. III. Título.

Nome: PUCCINI, Camila Citton

Título: Extração de corantes da casca de café (*Coffea arabica L.*) e de caroços de abacate (*Persea americana Mill.*) para tingimento em tecido de algodão orgânico

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Têxtil e Moda.

Versão corrigida contendo as alterações solicitadas pela comissão julgadora em 30 de novembro de 2022. A versão original encontra-se em acervo reservado na Biblioteca da EACH/USP e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD), de acordo com a Resolução CoPGr 6018, de 13 de outubro de 2011.

Área de Concentração:
Têxtil e Moda

Aprovado em:

Banca Examinadora

Membro titular 1:

Instituição:

Julgamento:

Assinatura: _____

Membro titular 2:

Instituição:

Julgamento:

Assinatura: _____

Membro titular 3:

Instituição:

Julgamento:

Assinatura: _____

*Aos meus pais por todo apoio, incentivo e carinho que recebi a minha vida toda.
Essa é para vocês.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo por todo corpo docente e infraestrutura que possibilitaram a realização da minha pesquisa.

À professora Sirlene Maria da Costa, por ser minha orientadora e guia ao longo de todo esse processo. Por me fazer sair da zona de conforto ao me mostrar caminhos não trilhados através dos quais amadureci como pesquisadora. À coorientadora deste trabalho, Miriam Sannomiya, pelos saberes e colaboração, e por todo auxílio na pesquisa. À Annie Sanchez, por todo auxílio, ensino e dedicação, e pelas conversas que me fizeram enxergar diversas possibilidades nesse campo de pesquisa.

Ao Silvio, técnico do Laboratório de Química Têxtil, por toda compreensão e ajuda. À Daniëlle Santos, por toda generosidade, carinho e amizade. Ao técnico, Rodrigo Lucena, do Laboratório de Ciências da Terra, por toda atenção e suporte no laboratório.

Aos professores Silgia A Costa, Kelly Ishida, Marcelo Pena, Juliana Carvalho, Humberto Ferraz, Eremita Santos e Eloisa Guedes pelo apoio na elaboração dos ensaios.

Ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) por poder usufruir de toda a infraestrutura.

Ao Fernando de Lima, chefe do laboratório e às pesquisadoras e técnicas no Laboratório de Tecnologia Têxtil (LTT-IPT), Rayana Santiago de Queiroz, Jaqueline e Gislaïne, pelo apoio durante o desenvolvimento da pesquisa, desenvolvimento de testes e interpretação de alguns resultados.

Ao universo e aos meus mentores pela oportunidade de viver essa experiência.

Aos meus pais, por todo apoio, incentivo e dedicação ao longo de toda a minha vida.

À minha irmã, por ser a melhor desse mundo inteirinho e estar presente para me apoiar mesmo quando não havia mais forças.

Ao meu namorado, Rodrigo, pelo apoio, pelas madrugadas, pelo carinho e compreensão durante toda essa jornada — amor, obrigada por ser você.

Ao Pudim, por alegrar meus dias sempre e ser o serzinho mais iluminado desse mundo todo.

À Melina, por estar sempre ao meu lado, me incentivando e me fazendo querer seguir em frente. À Geovana, Raysa e Mylena, por ouvirem meus desabafos, ajudarem a pensar em ideias mirabolantes, me fazerem pensar fora da caixa e estarem sempre aqui.

À professora Tatiana Laschuk, por ter sido minha mentora ao longo de tantos anos e plantar uma sementinha naquela primeira aula de materiais têxteis. Se não fossem as tuas aulas, não sei se hoje eu seria tão apaixonada por esse universo como sou.

A todas as mulheres que participaram e me ajudaram a realizar essa dissertação que é a realização de um sonho. O mundo é melhor quando estamos juntas.

“Change. We don't like it, we fear it, but we can't stop it from coming. We either adapt to change, or we are left behind. And it hurts to grow, anybody who tells you it doesn't is lying. But here's the truth: the more things change, the more they stay the same. And sometimes, oh, sometimes change is good. Sometimes change is everything.”

GREY, 2007.

RESUMO

PUCCINI, C. C. Extração de corantes da casca de café (*Coffea arabica L.*) e de caroços de abacate (*Persea americana Mill.*) para tingimento em tecido de algodão orgânico. 2023. 165 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

Diante do atual contexto, em que o padrão de consumo de produtos sustentáveis de moda é crescente, o reaproveitamento de materiais surge como uma alternativa para a redução dos impactos ambientais gerados pelo setor da indústria têxtil e agroindustrial. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi estudar a extração de corantes das cascas de café (*Coffea arabica L.*) e caroços de abacate (*Persea americana Mill.*) para utilização em tingimento de tecido de malha de algodão orgânico. A escolha da casca de café e caroço de abacate se deu pela disponibilidade e composição. Foram utilizados o caroço de abacate como biomordente e o alúmen ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) e o sulfato ferroso ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) como mordentes metálicos, testados nas massas de 0,06g; 0,09g e 0,12g. Os resíduos escolhidos foram secos em estufa a 35 °C e moídos. A extração aquosa foi realizada utilizando uma relação de 1:5 (m/v). O extrato foi liofilizado e caracterizado por UV-Vis; FTIR-ATR; determinado o pH; realizado o TG; quantificação de fenóis totais, flavonoides totais, taninos hidrolisáveis, atividade antiradicalar e a atividade antimicrobiana com o fungo *Candida albicans* SC5314, e as bactérias *Staphylococcus* ATCC 6532, *E. coli* ATCC 25922 e *P. aeruginosa* PAO1 e também por análise cromatográfica por HPLC-UV. Os tecidos tingidos foram analisados e avaliação colorimétrica, ensaios de solidez da cor para suor ácido e alcalino, lavagem e luz UV. Também foi realizado o planejamento fatorial variando as concentrações de biomordente e mordentes. Os resultados das análises dos extratos liofilizados por espectrofotometria UV-Vis identificaram a presença de taninos e compostos fenólicos nas bandas entre 255 e 325 nm. As análises por FTIR-ATR indicaram a presença de grupos funcionais como O-H, =C-H, NH, -C=O, C=C, C-H e C-O. A quantificação para a casca de café e para o caroço de abacate de fenóis totais respectivamente foi $26,4 \pm 7,0 \text{ mg}_{\text{GAE}} \cdot \text{g}_{\text{extrato}}^{-1}$ e $242,9 \pm 29,8 \text{ mg}_{\text{GAE}} \cdot \text{g}_{\text{extrato}}^{-1}$; flavonoides totais $38,5 \pm 3,4 \text{ mg}_{\text{rutina}} \cdot \text{g}_{\text{extrato}}^{-1}$ e $86,0 \pm 3,1 \text{ mg}_{\text{rutina}} \cdot \text{g}_{\text{extrato}}^{-1}$; taninos hidrolisáveis $42,6 \pm 2,3 \text{ mg}_{\text{AT}} \cdot \text{g}_{\text{extrato}}^{-1}$ e $79,0 \pm 3,3 \text{ mg}_{\text{AT}} \cdot \text{g}_{\text{extrato}}^{-1}$; e atividade antiradicalar $22,4 \pm 0,7 \text{ CI}_{50} (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$ e $24,8 \pm 2,4 \text{ CI}_{50} (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$. A avaliação antimicrobiana não evidenciou um efeito bactericida visto que não foi observada a inibição do crescimento microbiano para as cepas testadas. Quanto a análise cromatográfica por HPLC-UV, foram identificados os ácidos fenólicos, do grupo C6-C1, para a casca de café e 3-O-cafeoilquínico e 5-O-cafeoilquínico para o caroço de abacate. Os tecidos tingidos foram caracterizados por avaliação colorimétrica utilizando sistema CIELAB, os valores de K/S foram de 2,8819 para o pH 5,08 (sem ajuste), de 3,7965 para pH 7 e de 6,9804 e 4,4016 para pH 11. Quanto à solidez da cor ao suor ácido e alcalino a melhor condição foi a 15 e a 25, amostras em pH 7 e 11, com 0,06g de alúmen com nota 4. Para solidez à lavagem, as melhores condições foram com pH 7 e 11, ambos com 0,06g de biomordente de caroço de abacate com nota 4. Para solidez da cor à luz UV os corpos de prova permaneceram por 40 horas no equipamento até atingirem a nota 3. No planejamento experimental e análise estatística segundo os dados obtidos pela ANOVA o erro relativo dos três planejamentos foi de menos de 1%, os ajustes aos modelos propostos foram de: 96,548% para o caroço de abacate, 83,73% para o alúmen e 98,32% para o sulfato ferroso.

Palavras-chave: corante natural, resíduos agroindustriais, café arábica, abacate hass, algodão orgânico, biomordente.

ABSTRACT

PUCCINI, C. C. Dye extraction from coffee husks (*Coffea Arabica*) and avocado pits (*Persea americana*) for organic cotton fabric dyeing. 2023. 165 f. Dissertation (Masters in Sciences) – School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, 2023.

Considering the current scenario, where the pattern of consumption of sustainable fashion products is growing, repurposing of materials is an alternative to reduce the environmental impacts created by the textile and agro-industry sector. In this context, this research aimed to study the process of extraction of the coffee husk (*Coffea arabica L.*) and avocado seeds (*Persea americana Mill.*) to be used to dye organic cotton fabric. The choice of the coffee husk and the avocado seeds was given mainly because of their availability and composition. The avocado seed was also used as a biomordant and both aluminum ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) and ferrous sulfate ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) as metallic mordants with 0.06g; 0.09g e 0.12g. The chosen residues were oven-dried to 35 °C, grounded, and performed an aqueous extraction with a dye bath relation of 1:5 (m/v). The extract was lyophilized and characterized in a UV-VIS, ATR-FTIR, pH, TG, quantification of total phenols, total flavonoids, hydrolyzable tannins, antiradical activity; bactericidal assays with the bacterias *Candida albicans* SC5314, *Staphylococcus* ATCC 6532, *E. coli* ATCC 25922 e *P. aeruginosa* PAO1 and chromatographic analysis by HPLC-UV. The dyed fabrics were analyzed in colorimetric analysis, color and fastness tests for acid and alkaline sweat, washing, and UV light. Factorial planning was also carried out. The results of the analysis of the lyophilized extracts in UV-Vis indicated the presence of tannins and phenolic compounds in the bands between 255 e 325 nm. FTIR-ATR indicated the presence of functional groups as O-H, =C-H, NH, -C=O, C=C, C-H e C-O. The quantification of total phenols for coffee husk and avocado seed was, respectively $26,4 \pm 7,0 \text{ mg}_{GAE} \cdot \text{g}_{\text{extract}}^{-1}$ e $242,9 \pm 29,8 \text{ mg}_{GAE} \cdot \text{g}_{\text{extract}}^{-1}$; total flavonoids $38,5 \pm 3,4 \text{ mg}_{\text{rutine}} \cdot \text{g}_{\text{extract}}^{-1}$ e $86,0 \pm 3,1 \text{ mg}_{\text{rutine}} \cdot \text{g}_{\text{extract}}^{-1}$; hydrolyzable tannins $42,6 \pm 2,3 \text{ mg}_{AT} \cdot \text{g}_{\text{extract}}^{-1}$ e $79,0 \pm 3,3 \text{ mg}_{AT} \cdot \text{g}_{\text{extract}}^{-1}$; and antiradical activity $22,4 \pm 0,7 \text{ CI}_{50} (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$ e $24,8 \pm 2,4 \text{ CI}_{50} (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$. The bactericidal assays did not show a bactericidal effect, since no inhibition of microbial growth was observed for the four strains tested. As for the chromatographic analysis by HPLC-UV, phenolic acids from the C6-C1 group were identified for the coffee husk and 3-O-caffeoylquinic and 5-O-caffeoylquinic for avocado seed. The dyed fabrics were characterized by colorimetric evaluation using the CIELAB system, the K/S values were 2.8819 for pH without adjustment, 3.7965 for pH 7 and 6.9804, and 4.4016 for pH 11. As for color fastness to acid and alkaline sweat, the best conditions were the 15 and the 25, samples with pH 7 and 11, with 0.06g of alum with grade 4. The best conditions for washing fastness were at pH 7 and 11, with 0.06g of avocado seed biomordant with grade 4. For color fastness to UV light, the samples remained for 40 hours in the equipment until they reached grade 3. In the experimental design and statistical analysis according to the data obtained by ANOVA, the relative error of the three designs was less than 1%, and the adjustments to the proposed models were: 96.548% for the avocado seed, 83.73% for the alum and 98.32% for ferrous sulfate.

Keywords: natural dyes, agro-industrial residues, coffee husks, avocado Hass, organic cotton, biomordant.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Selos OCS e GOTS	30
Figura 2 - Corante ligado à celulose de algodão usando um mordente	42
Figura 3 - Espaço de cor CIELAB	45
Figura 4 - Design de produto baseado na economia circular	48
Figura 5 - Relação entre a indústria têxtil e alimentícia para o desenvolvimento sustentável de acordo as diretrizes de Consumo e Produção Responsáveis ODS 12	49
Figura 6 - Estrutura química dos compostos apresentados no extrato do café	51
Figura 7 - Estruturas dos compostos bioativos mais importantes do café	52
Figura 8 - Estrutura do grão de café	56
Figura 9 - Principais compostos de <i>Persea americana</i>	59
Figura 10 - Conteúdo de óleo na polpa e no caroço do abacate durante o período de desenvolvimento do fruto	60
Figura 11 - Composição de ácidos graxos na polpa e no caroço do abacate em desenvolvimento durante o período de desenvolvimento do fruto	60
Figura 12 - Cores e materiais naturais para tingimento	67
Figura 13 - Técnicas de <i>Tatakizome</i> e <i>Ecoprint</i>	67
Figura 14 - Resultados obtidos com a técnica de Shibori	68
Figura 15 - Orientação de corte corpos de prova para determinação da massa por unidade de área	70
Figura 16 - Caracterização da malha de algodão orgânico: massa por unidade de área	71
Figura 17 - Equipamento James H Heal & Co LTD e trama do tecido	71
Figura 18 - Cascas de café orgânicas secas e após a moagem	72
Figura 19 - Caroços de abacate - <i>in natura</i> , material seco, pesagem e material moído	73
Figura 20 - Peneira e agitador utilizado para processo de granulometria	74
Figura 21 - Grão de cascas de café após granulometria	74
Figura 22 - Processo de extração aquosa da casca de café orgânico e do caroço de abacate	75

Figura 23 - Extrato liofilizado da casca de café orgânico	76
Figura 24 - Extrato liofilizado do caroço de abacate	76
Figura 25 - Curva padrão de ácido gálico	78
Figura 26 - Curva padrão de rutina	79
Figura 27 - Curva padrão de ácido tânico	80
Figura 28 - Equipamento Mathis HT ALT-I	85
Figura 29 - Curva de tingimento	86
Figura 30 - Padronagem obtida na determinação das tramas das malhas	92
Figura 31 - UV-Vis Casca de café orgânico moída e caroço de abacate moído	96
Figura 32 - FTIR-ATR da casca de café orgânico moído e do extrato liofilizado	98
Figura 33 - FTIR-ATR do caroço de abacate moído e do extrato liofilizado	98
Figura 34 - Curva de TG do extrato liofilizado da casca de café orgânico	100
Figura 35 - Curva de TG do extrato liofilizado do caroço de abacate	101
Figura 36 - Curva de TG do tecido de malha de algodão orgânico	103
Figura 37 - Resultado do teste de difusão em ágar nas amostras CFM, ECFL, COM e ECRL	104
Figura 38 - Análise cromatográfica por HPLC-UV-DAD dos extratos liofilizados da casca de café orgânico e do caroço de abacate	105
Figura 39 - Amostras tingidas com extrato liofilizado de casca de café orgânico em pH 5,08 (sem ajuste)	106
Figura 40 - Amostras tingidas com extrato liofilizado de casca de café orgânico em pH 7	107
Figura 41 - Amostras tingidas com extrato liofilizado de casca de café orgânico em pH 11	108
Figura 42 - Amostras tingidas com biomordente CR e mordentes metálicos AL e SF em pH 5,08 (sem ajuste)	109
Figura 43 - Amostras tingidas com biomordente CR e mordentes metálicos AL e SF em pH 7	110
Figura 44 - Amostras tingidas com biomordente CR e mordentes metálicos AL e SF em pH 11	111
Figura 45 - Amostras tingidas com diferentes concentrações do corante de café e	112

biomordente CR

Figura 46 - Diagrama de Pareto caroço de abacate	137
Figura 47 - Superfície de resposta	138
Figura 48 - Gráfico de valores preditos vs valores observados	139
Figura 49 - Diagrama de Pareto alúmen	140
Figura 50 - Superfície de resposta	142
Figura 51 - Gráfico de valores preditos vs valores observados	143
Figura 52 - Diagrama de Pareto sulfato ferroso	144
Figura 53 - Superfície de resposta	145
Figura 54 - Gráfico de valores preditos vs valores observados	146

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos corantes sintéticos	31
Tabela 2 - A composição química dos grãos de café verdes e torrados	53
Tabela 3 - Análise dos percentuais mássicos da casca de café via seca	54
Tabela 4 - Composição química das cascas de café via seca	54
Tabela 5 - Macro e micronutrientes do grão e da casca de café	55
Tabela 6 - Composição química do caroço de abacate seco	61
Tabela 7 - Teores de macronutrientes (g kg^{-1}) e micronutrientes (mg kg^{-1}) nas diferentes partes de abacate 'Hass'	61
Tabela 8 - Tingimentos realizados com extrato de casca de café orgânico em diferentes condições	82
Tabela 9 - Tingimentos realizados apenas com o biomordente e mordentes em água deionizada	84
Tabela 10 - Tingimentos realizados com corante nas concentrações de 2%, 3% e 5%	85
Tabela 11 - Planejamento fatorial	89
Tabela 12 - Planejamento fatorial dos tingimentos com biomordente de caroço de abacate e mordentes metálicos alumínio e sulfato ferroso	90
Tabela 13 - Determinação da composição da fibra de algodão orgânico	91
Tabela 14 - Gramatura do tecido de malha de algodão orgânico	91
Tabela 15 - Espessura do tecido de malha de algodão orgânico	92
Tabela 16 - Densidade do tecido de malha de algodão orgânico	92
Tabela 17 - Determinação da permeabilidade ao ar do tecido de malha de algodão orgânico	93
Tabela 18 - Determinação do índice de branqueamento da malha de algodão orgânico	93
Tabela 19 - Rendimento da casca de café orgânico após secagem e moagem	93
Tabela 20 - Rendimento do caroço de abacate após secagem e moagem	94
Tabela 21 - Granulometria da casca de café orgânico após o processo de moagem	94
Tabela 22 - Granulometria do caroço de abacate após o processo de moagem	95
Tabela 23 - Principais eventos de perda de massa do extrato liofilizado da casca de café orgânico submetido à análise de TG	100

Tabela 24 - Principais eventos de perda de massa do extrato liofilizado do caroço de abacate submetido à análise de TG	102
Tabela 25 - Resultados de fenóis totais, flavonoides totais, taninos hidrolisáveis e atividade antiradicalar	104
Tabela 26 - Leitura colorimétrica no espaço CIELAB referente ao tingimento em triplicata do extrato liofilizado da casca de café orgânico no pH 5,08 (sem ajuste)	114
Tabela 27 - Média e desvio padrão referente ao tingimento do extrato liofilizado da casca de café orgânico no pH 5,08 (sem ajuste)	115
Tabela 28 - Leitura colorimétrica no espaço CIELAB referente ao tingimento em triplicata do extrato liofilizado da casca de café orgânico no pH 7	116
Tabela 29 - Média e desvio padrão referente ao tingimento do extrato liofilizado da casca de café orgânico no pH 7	117
Tabela 30 - Leitura colorimétrica no espaço CIELAB referente ao tingimento em triplicata do extrato liofilizado da casca de café orgânico no pH 11	118
Tabela 31 - Média e desvio padrão referente ao tingimento do extrato liofilizado da casca de café orgânico no pH 11	119
Tabela 32 - Leitura colorimétrica no espaço CIELAB referente ao tingimento realizado em duplicata de mordentes com pH 5,08 (sem ajuste)	120
Tabela 33 - Leitura colorimétrica no espaço CIELAB referente ao tingimento realizado em duplicata de mordentes com pH 7	121
Tabela 34 - Leitura colorimétrica no espaço CIELAB referente ao tingimento realizado em duplicata de mordentes com pH 11	122
Tabela 35 - Leitura colorimétrica no espaço CIELAB referente ao tingimento realizado em triplicata com extrato liofilizado da casca de café orgânico no pH 7 e biomordente de caroço de abacate com massa de 0,06g	123
Tabela 36 - Resultado da solidez da cor ao suor ácido	126
Tabela 37 - Resultado da solidez da cor ao suor alcalino	127
Tabela 38 - Resultado da solidez da cor à lavagem	129
Tabela 39 - Resultado da solidez da cor do tingimento de mordentes ao suor ácido	131
Tabela 40 - Resultado da solidez da cor do tingimento de mordentes ao suor alcalino	132
Tabela 41 - Resultado da solidez da cor do tingimento de mordentes à lavagem	133
Tabela 42 - Resultado da solidez da cor do tingimento de 2%, 3% e 5% ao suor ácido	134

Tabela 43 - Resultado da solidez da cor do tingimento de 2%, 3% e 5% ao suor alcalino	134
Tabela 44 - Resultado da solidez da cor do tingimento de 2%, 3% e 5% à lavagem	134
Tabela 45 - Resultados dos experimentos dos tingimentos com biomordente de caroço de abacate, mordentes metálicos alúmen e sulfato ferroso	135
Tabela 46 - ANOVA biomordente de caroço de abacate	135
Tabela 47 - Coeficientes da regressão	138
Tabela 48 - Valores críticos	139
Tabela 49 - ANOVA mordente alúmen	140
Tabela 50 - Coeficientes da regressão	141
Tabela 51 - Valores críticos	142
Tabela 52 - ANOVA mordente de sulfato ferroso	143
Tabela 53 - Coeficientes da regressão	144
Tabela 54 - Valores críticos	145
Tabela 55 - Principais resultados atingidos	147

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Relação de corantes e suas características	37
Quadro 2 - Relação de plantas e cores geradas para tingimento natural em tons castanhos	38
Quadro 3 - Relação de plantas e cores geradas para tingimento natural em tons amarelados	39
Quadro 4 - Levantamento de materiais utilizados em tingimentos naturais na literatura	44
Quadro 5 - Principais bandas encontradas nos espectros de UV-Vis para casca de café e caroço de abacate	97
Quadro 6 - Principais bandas de FTIR-ATR encontradas na literatura para os extratos de café e abacate	99

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confeção
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABR	Algodão Brasileiro Responsável
ABRAPA	Associação Brasileira dos Produtores de Algodão
ABRELPE	Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
AIDS	<i>Acquired Immunodeficiency Syndrom</i>
AL	Alúmen
AOC	<i>About Organic Cotton</i>
BCG	<i>Boston Consulting Group</i>
BCI	<i>Better Cotton Initiative</i>
CEAGESP	Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo
CFM	Casca de Café Orgânico Moído
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage
CIELAB	Espaço de cor CIELAB
COM	Caroço de Abacate Moído
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CR	Caroço de Abacate
DRIFT	Reflexão Difusa no Infravermelho com Transformada de Fourier
ECFL	Extrato de Casca de Café Orgânico Liofilizado
ECRL	Extrato de Caroço de Abacate Liofilizado
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FTIR-ATR	Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier
GFA	<i>Global Fashion Agenda</i>

GOTS	<i>Global Organic Textile Standard</i>
HPLC-UV	<i>High-performance liquid chromatography coupled with ultraviolet detector</i>
IB	Instituto de Biociências da USP
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICB	Instituto de Ciências Biomédicas
IEMI	Instituto de Estudos e Marketing Industrial
IOIA	Associação Internacional de Inspetores Orgânicos
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LTT-IPT	Laboratório de Tecnologia Têxtil do Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NBR	Norma Brasileira
OCS	<i>Organic Content Standard</i>
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
SAI	Sistema Abrapa de Identificação
SF	Sulfato Ferroso
TEAC	<i>Trolox Equivalent Antioxidant Capacity</i>
TOF	<i>Time-of-flight</i>
UE	União Europeia
VDP	Verificação para Diagnóstico da Propriedade
VCP	Verificação para Certificação da Propriedade

LISTA DE SÍMBOLOS

m/v	Massa por volume
UV	Ultravioleta
CEL	Celulose
WO	Lã
S	Seda
CA	Cânhamo
CT	Triacetato
PA	Poliamida/Nylon
PES	Poliéster
PAC	Acrílico
$\mu\text{mol TEAC/g}$	Micromol Trolox por grama
NPsAg	Nanopartículas de prata
$\text{mg TEAC}/100\text{g}$	Micromol de (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico) por grama
mesh	Abertura da peneira
TST	Teor de sólidos totais (%)
<i>A</i>	Fator de proporcionalidade
<i>c</i>	Concentração do corante
R	Valor de reflectância superficial da amostra em um determinado comprimento de onda
UV-Vis	Ultravioleta visível

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	21
2 OBJETIVOS	25
2.1 OBJETIVO GERAL	25
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
3.1 INDÚSTRIA TÊXTIL	26
3.1.1 Os impactos ambientais da indústria têxtil	26
3.1.2 O crescimento no uso de algodão orgânico	28
3.1.3 Corante	31
3.1.3.1 Corantes sintéticos	31
3.1.3.2 Corantes naturais	36
3.1.3.3 Mordentes e Biomordentes	41
3.1.3.4 Cor e colorimetria	44
3.2 BIOECONOMIA E ECONOMIA CIRCULAR	46
3.3 RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	50
3.3.1 A casca do café como subproduto agroindustrial e suas características	50
3.3.2 O caroço do abacate como subproduto agroindustrial e suas características	58
3.4 PROCESSOS DE EXTRAÇÃO	63
3.4.1 Extração aquosa	63
3.4.2 Extração com solvente orgânico	64
3.4.3 Extração ácida e alcalina	64
3.4.4 Extração por fermentação	65
3.4.5 Extração enzimática	65
3.4.6 Extração ultrassônica	65
3.4.7 Extração com fluido supercrítico	66
3.5 TÉCNICAS DE TINGIMENTOS E ESTAMPARIA NATURAL	66
4 MATERIAIS E MÉTODOS	69
4.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	69
4.2 MATERIAIS	69
4.3 MÉTODOS	69
4.3.1 Caracterização da malha de algodão orgânico	69
4.3.1.1 Determinação da composição da fibra da malha de algodão orgânico	70
4.3.1.2 Massa por unidade de área	70
4.3.1.3 Determinação da espessura do tecido	71
4.3.1.4 Determinação da densidade do tecido	71
4.3.1.5 Determinação de padronagens de tramas das malhas	72
4.3.1.6 Permeabilidade ao ar de superfícies têxteis	72
	18

4.3.1.7	Determinação do índice de brancura do tecido	72
4.3.2	Preparação da casca de café orgânico e do caroço de abacate para extração	72
4.3.2.1	Secagem e moagem da casca de café orgânico e do caroço de abacate	72
4.3.2.2	Granulometria dos materiais moídos	73
4.3.2.3	Extração e liofilização da casca de café orgânico e do caroço de abacate	75
4.3.2.4	Rendimentos	76
4.3.3	Caracterização dos extratos da casca de café orgânico e do caroço de abacate	77
4.3.3.1	Determinação do pH	77
4.3.3.2	Espectroscopia no ultravioleta visível (UV-Vis)	77
4.3.3.3	Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR-ATR)	77
4.3.3.4	Termogravimetria (TG)	77
4.3.3.5	Análises de quantificação de fenóis totais, flavonoides totais, taninos hidrolisáveis e atividade antiradicalar	78
4.3.3.5.1	Doseamento dos fenóis totais	78
4.3.3.5.2	Doseamento dos flavonoides totais	79
4.3.3.5.3	Doseamento dos taninos hidrolisáveis	79
4.3.3.5.4	Avaliação da atividade antiradicalar	80
4.3.3.6	Atividade antimicrobiana	81
4.3.3.7	Análise cromatográfica por HPLC-UV-DAD	81
4.3.4	Tingimentos realizados com extratos liofilizados da casca de café orgânico e do caroço de abacate	82
4.3.5	Análise colorimétrica das amostras tingidas com extratos liofilizados da casca de café orgânico e do caroço de abacate	86
4.6.2	Seleção das amostras para os ensaios de solidez da cor	87
4.3.6	Ensaio de solidez da cor	87
4.3.6.1	Solidez da cor ao suor ácido e alcalino.	87
4.3.6.2	Solidez da cor à lavagem	88
4.3.6.3	Solidez da cor à luz UV	88
4.3.6.4	Avaliação visual dos ensaios de solidez da cor	88
4.3.7	Planejamento experimental e análise estatística	89
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	91
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA MALHA DE ALGODÃO ORGÂNICO	91
5.1.1	Determinação da composição da fibra da malha de algodão orgânico	91
5.1.2	Massa por unidade de área	91
5.1.3	Determinação da espessura do tecido	91
5.1.4	Determinação da densidade do tecido	92
5.1.5	Determinação de padronagens de tramas das malhas	92
5.1.6	Permeabilidade ao ar de superfícies têxteis	93
5.1.7	Determinação do índice de brancura do tecido	93

5.2 RENDIMENTOS	93
5.2.1 Secagem e moagem da casca de café orgânico e do caroço de abacate	93
5.2.2 Granulometria dos materiais moídos	94
5.2.3 Extração e liofilização da casca de café orgânico e do caroço de abacate	95
5.3 CARACTERIZAÇÃO DOS EXTRATOS DA CASCA DE CAFÉ ORGÂNICO E DO CAROÇO DE ABACATE	96
5.3.1 Determinação do pH	96
5.3.2 Espectroscopia no ultravioleta visível (UV-Vis)	96
5.3.3 Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR-ATR)	97
5.3.4 Termogravimetria (TG)	99
5.3.5 Análises de quantificação de fenóis totais, flavonoides totais, taninos hidrolisáveis e atividade antiradicalar	103
5.3.6 Atividades antimicrobianas	104
5.3.7 Análise cromatográfica por HPLC-UV-DAD	105
5.4 TINGIMENTOS REALIZADOS COM EXTRATOS LIOFILIZADOS DA CASCA DE CAFÉ ORGÂNICO E DO CAROÇO DE ABACATE	106
5.4.1 Análise colorimétrica das amostras tingidas com extratos liofilizados da casca de café orgânico e do caroço de abacate	113
5.4.2 Seleção das amostras para os ensaios de solidez da cor	125
5.4.3 Ensaios de cor e solidez	126
5.4.3.1 Tingimento de corantes com biomordente e mordentes	126
5.4.3.2 Tingimento apenas de biomordente e mordentes	131
5.4.3.3 Tingimento nas concentrações de 2%, 3% e 5% do corante de café	134
5.4.4 Análise estatística	136
5.4.4.1 Análise estatística do tingimento com biomordente de caroço de abacate	137
5.4.4.2 Análise estatística do tingimento com mordente alumínio	140
5.4.4.3 Análise estatística do tingimento com mordente sulfato ferroso	144
6. CONCLUSÕES	149
7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	151
REFERÊNCIAS	152
ANEXO A - Certificado do tecido de algodão orgânico	164

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A indústria têxtil brasileira é muito representativa, visto que o país é o quarto maior produtor têxtil e de confecção do mundo, esse setor representa 16,7% dos empregos existentes, com um faturamento de R\$ 161 bilhões em 2020 (ABIT, 2022). Em 2020, a produção foi de 1,91 milhões de toneladas de tecido e 7,93 bilhões de peças de vestuário, meias, acessórios, cama, mesa e banho. Em contrapartida, essa indústria também é conhecida pelos índices de poluição que não param de crescer. Os impactos estão por toda a cadeia, desde o plantio até a confecção, porém, são nos processos de tingimento e acabamento em que há um dos maiores níveis de consumo de água, cerca de 79 bilhões de metros cúbicos de água por ano gerando 50 a 100 L de efluentes por quilo de tecido produzido. Estes são considerados os mais preocupantes da cadeia produtiva, devido à utilização de corantes sintéticos, sal, produtos químicos auxiliares além do grande consumo de água (GLOBAL FASHION AGENDA, 2017; ALMEIDA; DILARRI; CORSO, 2016).

O consumo de água durante o tingimento varia de acordo com cada processo, fibra e corante a serem utilizados, dependendo também da relação de banho (m/v) e equipamento. Considerando todas as etapas para tingir um substrato, esse volume chega até 200 litros para cada quilo de substrato. Um tingimento por esgotamento, por exemplo, utiliza até 40 litros de água para cada quilo de tecido tingido (MUSSAK; BECHTOLD, 2009).

Nos processos de tingimento os corantes sintéticos são os que apresentam melhores solidez e cores vibrantes, mas são em sua maioria derivados do petróleo, tóxicos, carcinogênicos e alergênicos (CHAKRABORTY, 2014; MUSSAK; BECHTOLD, 2009). Anualmente são produzidos em torno de 700.000 toneladas de corantes sintéticos para uso nas indústrias têxteis. Além disso, 10% dos corantes utilizados são descartados em efluentes descarregando metais pesados, sais e outros resíduos tóxicos, causando diversos problemas ambientais (GHAZI MOKRI et al., 2015). Segundo o Banco Mundial, 17 a 20% da poluição da água industrial vem de corantes sintéticos da produção têxtil e cerca de 40% destes corantes contêm substâncias cancerígenas (APOLINÁRIO et al., 2018). Um exemplo são as aminas aromáticas cancerígenas 4-aminodifenilo, Benzidina, 4-cloro-o-toluidina, 2-naftilamina entre as outras 20 aminas divulgadas no diário oficial da União Europeia (UE, 2014).

A utilização de corantes naturais ressurge como uma alternativa menos prejudicial ao meio ambiente, um retorno às origens e aos processos manuais. Estes são conhecidos como atóxicos, não carcinogênicos e biodegradáveis. A obtenção se dá por fontes como animal,

mineral, microbiano e vegetais, como no caso de plantas, cujos órgãos mais empregados são sementes, folhas, raízes, cascas, galhos, frutos e flores provenientes da agricultura, silvicultura e indústria alimentícia (KUMBASAR, 2011; VANKAR; SHUKLA, 2019).

Para elencar uma planta para ser utilizada é necessário que a quantidade de corante extraída seja alta para não demandar em abundância a matéria-prima e não tenha um alto custo. Alguns corantes podem tingir tecidos em cores de tonalidades mais terrosas e opacas, oferecendo funções de proteção antibacteriana e ultravioleta. Mas por serem provenientes de fontes naturais, nunca terão o mesmo resultado que tingimentos sintéticos. A opção mais viável seria o reaproveitamento de descarte, como resíduos de alimentos, serragem de madeira, folhas e até galhos de poda. Gerando uma nova possibilidade de uso ao que seria um rejeito, a tinturaria cria um mercado que não existia, fomentando assim novos empregos (VERMA et al., 2021).

O setor agroindustrial é um dos que mais gera resíduos, perdendo 10% da produção apenas no processo de pré-colheita, além da poluição gerada ao longo de todas as etapas, ficando atrás no ranking apenas para a indústria do petróleo. Com a estimativa de uma indústria que só cresce, a produção das safras também será cada vez maior, bem como a quantidade de resíduos gerados crescerá proporcionalmente. Conforme o livro "Perdas em Transporte e Armazenagem de Grãos – panorama atual e perspectivas" lançado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), cerca de 45,53% das perdas ocorreram no armazenamento; 21,67% no transporte rodoviário da fazenda ao armazém; 13,31% no transporte rodoviário; 1,62% no transporte multimodal hidroviário; 8,24% no transporte multimodal ferroviário; e por fim 9,04% no porto (CONAB, 2021).

O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo, 168 milhões de sacas foram comercializadas apenas no ano de 2021. O Brasil é o maior produtor de café do mundo colhendo 61,628 milhões de sacas e representando 35% da produção mundial (EMBRAPA, 2020). Dentre as espécies mais produzidas no país estão a *Coffea arabica* e a *Coffea canephora*, também conhecidas como Café-Arábica e Café-Robusta. Isso se dá pelos destaques como planta, pelas qualidades e sabores do café. Ao analisar as regiões que mais produzem café no Brasil, existem seis estados considerados os maiores produtores de café do país, são eles: Minas Gerais com 30,7 milhões de sacas (53% da produção); Espírito Santo com 12,81 milhões de sacas (22%); São Paulo com 6,07 milhões de sacas (10%); Bahia com 4,50 milhões de sacas (8%); Rondônia com 2,19 milhões de sacas (4%) e Paraná com 1,05 milhão de sacas (2%) (VALENTE, 2015).

O café é relatado na literatura por possuir substâncias com propriedades anticarcinogênicas, anti inflamatórias, cardioprotetores (FLOEGEL et al. 2007; VALENTE, 2015), antioxidantes (BAGGIO et al. 2007), antimicrobianas contra bactérias patogênicas como *Salmonella incolor*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Listeria monocytogenes*; e apresenta também atividades contra fungos toxigênicos como *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus*, *Aspergillus carbonarius* e *Aspergillus ochraceus* (MOREIRA et al., 2018). Almeida, Mai, Puget (2014) identificaram que a casca do café é uma excelente matéria-prima para a extração de taninos. A composição química das cascas de café é de 8-11% para proteínas, 0,5-3% para lipídios, 3-7% para minerais, 58-85 % para carboidratos, $\pm 1\%$ para cafeína e $\pm 5\%$ para taninos (GOUVEA et. al, 2009). É relatado o uso da borra do café como corante para tingimento natural, os autores Mongkholrattanasit, Nakpathom e Vuthiganond (2021) estudaram o tingimento utilizando a quitosana como biomordente de modo a não utilizar materiais tóxicos. As autoras Neira e Carvalho (2017) utilizaram o pó de café para tingimento aliado a mordentes naturais para a fixação da cor.

Além do café, o abacate é um fruto que também está em destaque visto que o seu consumo ao redor de todo o mundo está crescendo. São produzidos 5,9 milhões de toneladas por ano mundialmente, o México é o país que lidera o ranking e produz 2 milhões de toneladas por ano, já a produção brasileira é de 3,2% do total mundial. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) o plantio do fruto está em ascensão nos estados de São Paulo, Distrito Federal, Paraná, Minas Gerais e no Rio Grande do Sul, além de ter gerado um faturamento de R\$ 362.214.000 no ano de 2019 (IBGE, 2021).

Esta matéria-prima já é comumente utilizada na indústria farmacêutica para remédios e cosméticos em empresas como a L'Oréal, pois seu o óleo vegetal é rico em ácidos graxos, como o ácido oleico (até 66%) e o ácido palmítico (de 12 a 24%) e contém propriedades hidratantes e antioxidantes (LOREAL, 2022). Além disso, a fabricação do óleo de abacate extraído de sua polpa vem crescendo desde o ano de 2019. Essa extração vem sendo realizada pelos produtores de olivicultura na entressafra da produção do azeite de oliva (DUMONT, 2019).

Existem vários tipos de abacate, como o Avocado (Hass), o Breda, o Fortuna, o Geada, o Margarida, o Ouro Verde e o Quintal. O abacate Hass é o menor deles, na sua composição contém menos água e maior teor de óleos essenciais, também é um dos tipos mais consumidos e produzidos no país. Com um plantio de 90.402,00 pés apenas no estado de Minas Gerais, e uma exportação para outros países de 7.800 toneladas (AAB, 2021; PEREIRA, 2015; NASCIMENTO; GENUNCIO, 2019). Por essas questões, esse fruto têm

sido cada vez mais estudado. Daiuto et al. (2014), Soong e Barlow (2004) e Wang, Bostic e Gu (2010) realizaram análises e identificaram atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate ‘Hass’. Já os estudos de Girón-Vázquez et al. (2019) e Soledad et al. (2021) mostraram atividade antimicrobiana nos ensaios de *E. coli*, *Salmonella typhimurium* e *Staphylococcus aureus*. A composição química do caroço de abacate seco é de $6,35 \pm 0,09\%$ de proteínas; $1,94 \pm 0,05\%$ de lipídios; $81,54 \pm 0,12\%$ de carboidratos totais; $4,37 \pm 0,20\%$ de pectina, $2,28 \pm 0,05\%$ de fenóis totais (MELO et al., 2012).

Por conta de cenários não muito otimistas para o planeta, os consumidores estão em busca de novas soluções para o consumo. Segundo Roviezzo (2019) a sustentabilidade está como pauta crescente desde 2017, em que se torna um fator importante e relevante não apenas na fala da indústria, mas também nas ações. Por isso é necessário que sejam encontradas soluções mais sustentáveis mediante ao impacto que vem sendo causado. Dessa forma, ao se pensar na temática do trabalho, optou-se por utilizar resíduos agroindustriais como a casca de café orgânico para tingimento e o caroço de abacate como biomordente. A escolha dos materiais se deve pela disponibilidade, quantidade, propriedades antibacterianas e antioxidantes encontradas na literatura. Também é de grande relevância que estudos tragam novas possibilidades de utilização para os resíduos gerados pela agroindústria, com o intuito de agregar valor, de aproveitamento, e utilização na extração de corantes naturais.

Pensando nessas questões, o presente trabalho tem como objetivo estudar a extração de corante das cascas de café (*Coffea arabica L.*) e a utilização de caroços de abacate (*Persea americana Mill.*) como biomordentes para realizar tingimento natural em malha de composição 100% algodão orgânico. A escolha destes materiais se justifica devido sua composição (alto índice de taninos, fenóis, metais, proteínas e lipídios) bem como suas propriedades antioxidantes e disponibilidade, visto que ambos possuem um consumo crescente. Estudos sobre o tingimento com o café ou resíduos do mesmo são encontrados na literatura, a inovação está na mistura dos materiais e sua potencialidade no processo de tingimento. As escolhas desta pesquisa foram pensadas para gerarem um processo de tingimento mais limpo e simplificado, podendo gerar um resultado promissor com potencial de aplicação em tecidos para serem utilizados por pessoas com problemas de alergias, dermatites atópicas ou sensibilidade aos corantes sintéticos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar a extração de corantes das cascas de café (*Coffea arabica L.*) e caroços de abacate (*Persea americana Mill.*) para utilização em tingimento de tecido de malha de algodão orgânico.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter extratos das cascas de café orgânico e caroço de abacate por meio de extração aquosa;
- Caracterizar o extrato por meio de análises físico-químicas, atividade antibacteriana e antioxidante;
- Caracterizar qualitativamente o tecido de malha de algodão orgânico utilizado nos ensaios;
- Realizar os tingimentos têxteis procurando manter as propriedades bioativas do extrato aquoso das cascas de café;
- Utilizar o extrato de caroços de abacate como biomordente e comparar com mordentes metálicos e
- Avaliar a eficiência dos ensaios de tingimentos quanto à solidez da cor, ao suor ácido e alcalino, à lavagem e à luz UV.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 INDÚSTRIA TÊXTIL

A indústria têxtil é a segunda maior empregadora, perdendo apenas para a indústria de alimentos e bebidas que juntas ocupam o primeiro lugar do ranking. Além disso, também é a segunda maior indústria geradora do primeiro emprego com 75% de mão-de-obra feminina. No Brasil até o final do ano de 2021 existiam 24,6 mil empresas têxteis, tornando o país o quarto maior parque produtivo de confecção do mundo, e o quarto maior produtor têxtil. No ranking da produção de malhas o Brasil ocupa a quinta posição mundial (ABIT, 2019).

Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT) referentes ao ano de 2021 o faturamento da cadeia têxtil e de confecção foi de US\$ 161 bilhões. As exportações (sem fibra de algodão) faturaram US\$ 1,06 bilhões; enquanto as importações (sem fibra de algodão) foram de US\$ 5,2 bilhões. Os investimentos no setor foram de R\$ 4,5 bilhões, com uma produção média têxtil de 7,93 bilhões de peças (vestuário, meias, acessórios, cama, mesa e banho). Estes dados servem para todo o setor têxtil brasileiro e não apenas para o setor de têxteis tecnológicos (ABIT, 2022).

Os principais elos que compõem a cadeia produtiva têxtil nacional são: fiação, tecelagem, malharia, beneficiamento, não tecidos e confecção. Cerca de cinquenta por cento da mão de obra têxtil se encontra na região sudeste do país, trinta por cento na região sul, quatorze por cento no nordeste, cinco por cento no centro-oeste e um por cento na região norte (IEMI, 2017).

3.1.1 Os impactos ambientais da indústria têxtil

Apesar de a indústria têxtil ser uma grande geradora de empregos (75 milhões de pessoas em todo o mundo) e demonstrar uma preocupação crescente com os consumidores, esta também é uma das maiores poluidoras do planeta. A poluição do setor está alocada principalmente na utilização em excesso da água desde o plantio até processos de beneficiamento e acabamento têxtil, no descarte de produção e na emissão de gases (ONU, 2021).

Em 2017, o consumo de água já era de 79 bilhões de metros cúbicos nos processos de tinturaria e acabamento segundo o "*Pulse of the Fashion Industry Report*". Para Almeida, Dilarri e Corso (2016) estes geram de 50 a 100 L de efluente por quilo de tecido produzido, sendo o tingimento o mais preocupante devido à complexidade e variedade dos produtos químicos utilizados. Segundo o Banco Mundial, 17 a 20% da poluição da água industrial vem

de corantes sintéticos da produção têxtil e cerca de 40% destes corantes contêm substâncias cancerígenas. Além de prejudicar a saúde humana, o resíduo gerado pela utilização de corantes sintéticos pode se acumular nos rios, liberando substâncias químicas tóxicas, que afetam o sistema endócrino, podem causar mutações genéticas e também a morte de animais (SRIVASTAVA; SINGH, 2019).

A maior poluição da água ocorre durante a produção e processamento da matéria-prima, os efeitos da manufatura, montagem e lojas, depósitos e escritórios são considerados insignificantes. De todas as matérias-primas usadas na indústria da moda, os corantes sintéticos têm o maior impacto na poluição da água, com quantidades excessivas de nutrientes como nitrogênio e fósforo, e substâncias tóxicas orgânicas e inorgânicas como mercúrio e arsênio (GLOBAL FASHION AGENDA; BOSTON CONSULTING GROUP, 2017).

A *Global Fashion Agenda* (GFA), fórum global de liderança em sustentabilidade e o *Boston Consulting Group* (BCG), grupo de consultoria e gestão, preveem que o uso de água no setor aumentará 50% até 2030, e indicam ser algo crítico, visto que alguns dos principais países produtores de algodão, como China e Índia, estão localizados em áreas que sofrem com níveis de água potável com 2,813 e 1,446 bilhões de metros cúbicos. O déficit entre a demanda e o fornecimento de água deve chegar a 40% até 2030. A medida que a escassez de água se torna mais extrema, as nações produtoras de algodão e a indústria da moda podem ter que escolher entre a produção de algodão e a garantia de água potável (GLOBAL FASHION AGENDA; BOSTON CONSULTING GROUP, 2017).

Além disso, deve-se levar em conta a poluição gerada ao longo dos processos da cadeia têxtil para produzir uma peça. Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) cada brasileiro produz em média 383 quilos de lixo por ano, mais de um quilo de lixo por dia, atingindo 63 milhões de toneladas em 12 meses (AMARAL et al., 2018). Na cidade de São Paulo, considerada a maior metrópole brasileira, são geradas 63 toneladas de resíduos têxteis por dia, apenas nos bairros de maior confecção da cidade, o Brás, Bom Retiro e Vila Maria. Entre 2017 e 2020 foram mais de 29.169 toneladas de resíduos têxteis gerados na cidade, sendo 23.824 toneladas de resíduos de corte da produção e o restante, roupas descartadas pós consumo (VIANNA, 2021). No ano de 2015, o nível de CO₂ emitido atingia 1,715 milhões de toneladas, 20% acima do que era considerado seguro. A previsão é de que até 2030 as emissões aumentem em 63%, chegando a 2,8 bilhões de toneladas por ano (GLOBAL FASHION AGENDA; BOSTON CONSULTING GROUP, 2017).

3.1.2 O crescimento no uso de algodão orgânico

Atualmente os têxteis de algodão (convencional e orgânico) representam mais da metade do mercado têxtil global e espera-se que a demanda continue aumentando. Isso se deve ao fato do seu conforto natural, aparência e excelente desempenho, como resistência a álcalis, higroscopicidade e retenção de umidade segundo Verma et al. (2021).

As fibras de algodão são de origem natural renovável, constituídas com cerca de 90 a 93% de celulose com misturas de ceras, gorduras ou minerais. Quando passam pelo processo de purga e alvejamento, adquirem propriedades hidrofílicas, conseguindo reter cerca de 50% do seu peso em água (LIMA; COSTA, 2017).

A fibra de algodão orgânico é produzida sem a utilização de adubos químicos ou outros pesticidas, além de não usar inseticidas que sejam prejudiciais à saúde dos seres humanos, animais ou meio ambiente, tornando-se uma fibra 30% mais valiosa que a convencional. Por não utilizar inseticidas ou pesticidas, o trabalho para cultivar esse tipo de fibra é redobrado quando comparado com o algodão tradicional. No lugar de fertilizantes químicos é utilizado o esterco animal. A colheita é realizada manualmente retirando apenas o necessário para produção da fibra (MARTINS, 2009).

A organização sem fins lucrativos *Textile Exchange* criou uma iniciativa chamada *About Organic Cotton* (AOC), um espaço dedicado a divulgar o algodão orgânico, de modo a informar, inspirar e equipar consumidores e varejistas. No site da AOC, é possível visualizar o relatório *Organic Cotton Market Report*, que traz dados importantes da indústria do algodão orgânico nos anos de 2016 e 2017 (TEXTILE EXCHANGE, 2018).

A produção global de algodão orgânico em 2018 foi de 117.525 mega tonelada (MT) de fibra, atingindo um crescimento de 10% referente a dos anos anteriores. Também haviam 472.999 hectares de terra orgânica certificada em 18 países que cultivam a fibra, sendo que 97% da produção mundial vem de apenas 7 países: Índia com 50%, China com 19%, Quirguistão e Turquia com 7% cada, Tajiquistão com 5%, Estados Unidos com 4% e Tanzânia com 3%. (TEXTILE EXCHANGE, 2018).

O Brasil tem se mantido entre os cinco maiores produtores mundiais do algodão convencional ao lado da China, Índia, EUA e Paquistão (ABRAPA, 2021). Porém, quando se trata de fibra orgânica até o final de 2017, o país tinha 308 produtores de algodão orgânico, 496 hectares de terra certificada, 43 mil metros produzidos por ano, 155 hectares de terras sendo convertidas para plantação de algodão orgânico, um crescimento de 155%,

representando 0,04% da economia mundial de produção, e 0,01% da economia da América Latina (TEXTILE EXCHANGE, 2018).

Para regulamentar todos os produtores, hectares e fibras produzidas, é necessária a certificação de modo a proteger a integridade do processo de produção orgânica e rotulagem. Existem vários padrões governamentais que definem os requisitos de produção e certificação para a produção agrícola orgânica, eles são definidos pela Associação Internacional de Inspectores Orgânicos (IOIA). A Suíça, Canadá, Índia, União Européia, Japão, Coréia, Equador, Chile, Costa Rica, México e os Estados Unidos possuem políticas próprias de certificação no site da IOIA (TEXTILE EXCHANGE, 2021).

Se o algodão for vendido como orgânico, o produtor deve ser certificado por um órgão terceirizado independente e credenciado, que analisa a fazenda e suas operações para garantir que ela atenda aos requisitos do padrão específico, bem como aos padrões adicionais para certificação dupla ou múltipla. Para se obter a certificação orgânica, as seguintes etapas devem ser executadas: desenvolver um plano de fazenda para o gerenciamento de ecossistemas atendendo aos requisitos de padrões orgânicos e desenvolver um sistema de controle interno; enviar a inscrição a um certificador independente e credenciado; passar nas inspeções anuais. Dependendo do padrão, um período de transição de 2 a 3 anos é necessário para converter a produção convencional para a (TEXTILE EXCHANGE, 2021).

O *Organic Content Standard* (OCS) e o *Global Organic Textile Standard* (GOTS) foram padrões criados para certificar as fibras orgânicas além do portão da fazenda. O OCS depende da verificação de terceiros para identificar se um produto final contém a quantidade exata de um determinado material cultivado organicamente. E não aborda o uso de produtos químicos ou quaisquer aspectos sociais, ou ambientais da produção além da integridade do material orgânico. Já o GOTS abrange o uso e processamento de fibra orgânica, bem como critérios sociais, ambientais e de qualidade. É um padrão de processamento voluntário desenvolvido para trabalhar no sentido de trazer uniformidade global ao processamento têxtil sustentável, Figura 1.

Figura 1 - Selos OCS e GOTS



Fonte: Textile Exchange (2021).

No Brasil a Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA) realiza a certificação de produtores no país, as etapas para obter o selo são: adesão, diagnóstico, correção das não conformidades, auditoria externa e certificação. Os Selos ABR são impressos pelas gráficas credenciadas no Sistema Abrapa de Identificação (SAI), mediante negociação direta com o produtor ou unidade produtiva. As listas de Verificação para Diagnóstico da Propriedade (VDP) e de Verificação para Certificação da Propriedade (VCP) contêm todos os itens necessários à avaliação de conformidade da unidade produtiva, divididos em oito critérios: (1) contrato de trabalho; (2) proibição de trabalho infantil; (3) proibição de trabalho análogo a escravo ou em condições degradantes, ou indignas; (4) liberdade de associação sindical; (5) proibição de discriminação de pessoas; (6) segurança, saúde ocupacional e meio ambiente do trabalho; (7) desempenho ambiental; (8) boas práticas agrícolas. A certificação ABR é realizada diretamente pela empresa certificadora e o licenciamento BCI é realizado diretamente pela *Better Cotton Initiative*. O Selo BCI foi criado para melhorar a produção mundial do algodão para aqueles que o produzem, para o meio em que é cultivado e para o futuro do setor (ABRAPA, 2021).

Um estudo realizado por Ellis, McCracken e Skuza (2012) com 128 pessoas, 96% mulheres e 4% homens, investigou exploratoriamente o interesse dos usuários de investirem em uma camiseta feita de algodão orgânico, ao invés de uma camiseta de algodão convencional. Em média, os participantes estavam dispostos a pagar um valor de 25% a mais por uma camiseta de algodão orgânico.

O relatório *Pulse of the Fashion Industry Report* do ano de 2019 apresenta que 38% dos consumidores mudam a marca preferida por conta das ações das empresas e do que elas realizam referente a práticas ambientais e sociais positivamente. Cerca de 50% dos

consumidores planejam trocar de marca no futuro se outra empresa agir de forma mais ecológica e socialmente amigável do que sua preferida. As ações sustentáveis já estão sendo vistas como um pré-requisito pelo consumidor, como a utilização de tecidos orgânicos e de tingimentos naturais e são um motivador de compra (GLOBAL FASHION AGENDA; 2021).

3.1.3 Corante

3.1.3.1 Corantes sintéticos

Os corantes utilizados até o século XIX eram de origem natural, provindos de moluscos, vegetais e matérias orgânicas. No ano de 1856, a malveína foi descoberta, sendo considerada o primeiro corante sintético, revolucionando assim a fabricação e permitindo sintetizar grandes quantidades com diferentes tonalidades em escala industrial. Existem mais de dez mil tipos de corantes sintéticos, e dois mil estão disponíveis para o segmento têxtil (ALMEIDA, DILARRI, CORSO, 2016).

As matérias corantes são compostos capazes de colorir têxteis ou não têxteis, podem ser classificados de acordo com sua estrutura química ou pelo método de fixação nas fibras dos tecidos, Tabela 1 (SALEM, 2010).

Tabela 1 - Classificação dos corantes sintéticos

Corantes	CEL	WO	S	CA	CT	PA	PES	PAC
Diretos	X	(X)	X	-	-	(X)	-	-
Reativos	X	(X)	X	-	-	(X)	-	-
Sulforosos	X	-	-	-	-	-	-	-
Azóicos	X	-	-	-	-	-	-	-
A tina	X	-	-	-	-	-	-	-
Leuco ésteres	X	-	-	-	-	-	-	-
Básicos	N	N	N	N	N	N	N	N
Catiônicos	-	-	-	-	-	-	-	X
Ácidos	-	X	X	-	-	X	-	-
Complexos metálicos	-	X	X	-	-	X	-	-

Continua.

Conclusão. Tabela 1 - Classificação dos corantes sintéticos

Cromo	-	X	-	-	-	X	-	-
Dispersos	-	-	-	X	X	(X)	X	(X)
Pigmentos	X	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: CEL = Celulose; WO = Lã; S = Seda; CA = Cânhamo; CT = Triacetato; PA = Poliamida/Nylon; PES = Poliéster; PAC = Acrílico; X = Aplicado; (X) = Aplicado com restrições, quanto a solidez ou afinidade; N = Não recomendado para têxteis devido à má solidez.

Fonte: Salem (2010).

Os materiais têxteis podem ser tingidos em forma de rama, top, flocos, fios em bobinas, fios em meadas, rolos de urdume, tecidos e malhas. Os processos de tingimento podem ser contínuos ou por esgotamento normalmente em banho aquoso. Para o processo contínuo o corante é aplicado por impregnação sob o substrato, geralmente em peças e espremido mecanicamente. Pode ser fixado por: calor seco (processos *pad-try* ou *pad-thermofix*), calor úmido (processo *pad-steam*), repouso a frio (processo *pad-batch*), repouso a quente (processo *pad-roll*) ou banho novo (processo *pad-jig* ou choque alcalino). A relação média de banho para esse processo é de 0,7 – 0,8. Para uma igualização de tingimento depende-se das instalações mecânicas (SALEM, 2010).

Para o tingimento por esgotamento, o corante se desloca do banho para a fibra. É realizado em máquinas fechadas sob pressão e necessita das seguintes condições ideais: banho de tingimento com agitação suficiente para que o corante acesse todo o substrato de maneira uniforme, controlando a intensidade para não causar danos no material; distribuição uniforme de calor, preferencialmente com vapor indireto; ordenadores automáticos para aquecimento e resfriamento; sistema automático de adição de produtos já diluídos. A relação média de banho para esse processo depende do maquinário: *Jet (airflow) / Jigger* 1:3 – 1:5; *Jet (overflow)* 1:10 – 1:20; Barca de torniquete ou *Paddle* 1:20 – 1:40 (SALEM, 2010).

Além da quantidade de água utilizada para cada processo de tingimento, alguns corantes conforme a sua classe, necessitam de produtos auxiliares como: tingimento com corante à tina - ditonito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) e hidróxido de sódio (NaOH); tingimento com corante sulfuroso - sulfeto de sódio (Na_2S); tingimento com corante reativo - hidróxido de sódio (NaOH) e cloreto de sódio (NaCl). Também são utilizados álcalis, antiespumante, antimigrantes, anti redutores, dispersantes, detergentes, fixadores, igualizantes, mordentes, oxidantes, peróxidos, sais, sequestrantes e redutores. Todos podem aumentar a quantidade de

químicos tóxicos presentes nos efluentes de tingimento (CHAKRABORTY, 2014; SALEM, 2010).

Durante o processo de tingimento ocorre: a montagem, a fixação e o tratamento final. A fixação dos corantes nas fibras é geralmente realizada por meio de solução aquosa, podendo envolver diferentes interações químicas tais quais ligações iônicas, de hidrogênio, de Van der Waals ou covalentes. Após o tratamento final, é realizada uma lavagem com banhos recorrentes para a retirada do excesso de corante original ou hidrolisado não fixado à fibra (JÚNIOR et al., 2015).

Os corantes sintéticos apesar de sua alta solidez e de oferecerem cores vibrantes, são em sua maioria derivados do petróleo, sendo tóxicos, carcinogênicos e alergênicos. A Comissão Europeia publicou no ano de 2014 no diário oficial critérios ecológicos para estabelecer a atribuição do rótulo ecológico da União Europeia (UE) para produtos têxteis. No diário oficial, foram divulgadas 24 aminas aromáticas cancerígenas e 145 corantes sintéticos que podem ligar-se a essas aminas, trazendo um tingimento tóxico e sendo proibido pela UE (UE, 2014).

Klemola (2008) realizou um estudo com corantes reativos e identificou que os corantes C. I. Reactive Red 241, C. I. Reactive Yellow 176 e C. I. Reactive Blue 221 são tóxicos, mas ao serem utilizados para tingir tecidos 100% algodão, 50% algodão e 50 % modal os mesmos não apresentaram toxicidade. Apesar disso, é relevante considerar o impacto no meio ambiente e também para o trabalhador que os manipula. Para Lisi et al. (2014) as lesões alérgicas ocupacionais são mais encontradas nas mãos, devido à manipulação dos corantes. Enquanto as não ocupacionais, são no peito, nas coxas, no abdômen, nas pernas, nas costas, nas pregas axilares, no pescoço e nos braços, áreas de maior atrito durante o uso das peças com o corpo. Apesar de alguns países terem normas e regulamentações para as indústrias, muitas vezes não há uma fiscalização correta quanto ao uso de corantes sintéticos e tratamento de seus efluentes.

Cerca de 700.000 toneladas de corantes são produzidos anualmente para uso nas indústrias têxteis. Durante o banho de tingimento, cerca de 10% destes corantes são descartados em efluentes descarregando metais pesados, sais e outros resíduos tóxicos, causando diversos problemas ambientais (GHAZI MOKRI et al., 2015). O consumo de água no tingimento varia de acordo com cada processo, fibra e corante a serem utilizados, dependendo também da relação de banho (massa de substrato têxtil pelo volume de banho) processo e equipamento. Um tingimento por esgotamento utiliza até 40 litros de água para cada quilo de tecido tingido. Considerando todas as etapas para tingir um substrato, esse

volume chega até 200 litros para cada quilo de substrato (MUSSAK; BECHTOLD, 2009). A utilização de corantes naturais apresenta-se como uma alternativa menos prejudicial ao meio ambiente, além de ser um retorno às origens e aos processos manuais (SRIVASTAVA; SINGH, 2019).

Referente a parte de efluentes, segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) por meio da resolução de número 430 feita na data de 13 de maio do ano de 2011, no artigo 16 declara que "os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor, desde que obedeçam às condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis", as condições são:

I - Condições de lançamento de efluentes:

- a) pH entre 5 a 9;
- b) temperatura: inferior a 40 °C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3 °C no limite da zona de mistura;
- c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;
- e) óleos e graxas:
 - 1. óleos minerais: até 20 mg/L;
 - 2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;
- f) ausência de materiais flutuantes; e
- g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20 °C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor;

II - Padrões de lançamento de efluentes:

Parâmetros inorgânicos	Valores máximos
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total (Não se aplica para o lançamento em águas salinas)	5,0 mg/L B

Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	1,0 mg/L CN
Cianeto livre (destilável por ácidos fracos)	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo hexavalente	0,1 mg/L Cr+6
Cromo trivalente	1,0 mg/L Cr+3
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Mercúrio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn
Parâmetros Orgânicos	Valores máximos
Benzeno	1,2 mg/L
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroetano (somatório de 1,1 + 1,2cis + 1,2 trans)	1,0 mg/L
Estireno	0,07 mg/L

Etilbenzeno	0,84 mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Tetracloroeto de carbono	1,0 mg/L
Tricloroetano	1,0 mg/L
Tolueno	1,2 mg/L
Xileno	1,6 mg/L

§ 1º Os efluentes oriundos de sistemas de disposição final de resíduos sólidos de qualquer origem devem atender às condições e padrões definidos neste artigo.

§ 2º Os efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários devem atender às condições e padrões específicos definidos na Seção III desta Resolução.

§ 3º Os efluentes oriundos de serviços de saúde estarão sujeitos às exigências estabelecidas na Seção III desta Resolução, desde que atendidas as normas sanitárias específicas vigentes, podendo:

I - ser lançados em rede coletora de esgotos sanitários conectada a estação de tratamento, atendendo às normas e diretrizes da operadora do sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitários; e

II - ser lançados diretamente após tratamento especial.

O artigo 18 ainda cita que: "O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de ecotoxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente" e no artigo 30: " O não cumprimento do disposto nesta Resolução sujeitará os infratores, entre outras, às sanções previstas na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e em seu regulamento" (CONAMA, 2011).

3.1.3.2 Corantes naturais

Os corantes naturais de modo geral são atóxicos, não carcinogênicos, biodegradáveis e podem trazer benefícios à saúde humana. A obtenção dos corantes de origem natural se dá por meio de material vegetal, animal, mineral e microbiano. A principal matéria-prima para esse

tipo de corante provém da agricultura, silvicultura e indústria alimentícia. No caso das fontes vegetais, os corantes podem ser extraídos das sementes, folhas, raízes, cascas, galhos, frutos e flores (KUNBASAR, 2011; VANKAR, 2019).

Para selecionar uma planta como corante natural, essa deve conter alto o teor de corante para demandar uma baixa quantidade na etapa de tingimento. Os corantes naturais são classificados conforme o material utilizado, tonalidade obtida, ordem alfabética ou também em sua constituição química: antocianinas, betalaínas, carotenóides, diidropiranos, flavonoides, indigóides e quinonas. Outra classificação ocorre por conta do tipo de ligação corante e fibra, podendo ser: corantes mordentes, corantes a cuba, corantes diretos, corantes ácidos, corantes dispersos, corantes básicos ou catiônicos, conforme Quadro 1 (SAMANTA; KONAR, 2011; VANKAR, 2019).

Quadro 1 - Relação de corantes e suas características

Nomenclatura	Características	Exemplos
Corantes mordentes	Este tipo de corante necessita da utilização de um mordente em sua aplicação, de modo a ocorrer uma ligação corante e fibra.	Cochonilha, frutas vermelhas, garança, taiúva e quermes.
Corantes a cuba	Este corante é insolúvel à água e para aplicação necessita de redução com hidrossulfito de sódio e solubilizado com álcali. Para obter a fixação da cor é necessário oxidar o corante, seguido de uma lavagem à quente.	Índigo
Corantes diretos	Tingimento adequado para fibras celulósicas em solução aquosa por conterem moléculas com grupos carregados positiva e negativamente. Deve-se adicionar cloreto de sódio ou sulfato de sódio no banho para equilibrar as cargas da celulose e também para aumentar a migração do corante para a fibra.	Curcumina e cascas de romã
Corantes ácidos	Devem ser aplicados em meio ácido e passar por um pós-tratamento com ácido tânico para ter melhor solidez a cor. Formam uma ligação eletrovalente com o grupo -COOH da lã e da seda.	Açafrão
Corantes dispersos	Este tipo de corante é indicado para uma aplicação pós-mordentagem. Possuem baixa solubilidade, e podem ser aplicados em fibras animais e fibras sintéticas hidrofóbicas de pH neutro a levemente ácido.	Corantes flavonóis e antraquinonas
Corantes básicos ou catiônicos	Possuem baixa solidez à luz e precisam ser aplicados em pH neutro a ligeiramente ácido, formando uma ligação eletrovalente com o grupo -COOH da lã e da seda.	Berberina

Fonte: Adaptado de Samanta e Konar (2011) e Vankar (2019).

Os corantes extraídos a partir de matérias-primas naturais nunca terão o mesmo resultado de cor do que corantes sintéticos (VERMA et al., 2021). É relatado que alguns corantes naturais podem tingir tecidos em cores de tonalidades terrosas e opacas, oferecendo propriedades de proteção antibacteriana e ultravioleta. A proteção contra a radiação UV pode ser obtida por extratos de plantas, como *Quercus infectoria* (VERMA et al., 2021). Ferreira (1998) em seu livro "Corantes Naturais da Flora Brasileira – Guia Prático de Tingimento com Plantas" realizou um levantamento das plantas cultivadas no Brasil e as cores geradas por elas para tingimento natural. Foram encontradas tonalidades: vermelho ou rosa, laranja, castanho, marrom avermelhado, amarelo, verde, verde oliva, caqui, azul, violeta, cinza e preto. O Quadro 2 mostra uma relação das plantas para tingimentos em tons castanhos e a Quadro 3 em tons amarelados segundo o relatado na literatura.

Quadro 2 - Relação de plantas utilizadas para tingimento natural em tons castanhos

Pigmentação Castanho			
Planta	Nome científico	Parte para extração	Referências
Castanheiro	<i>Castanea sativa</i>	Folhas	Boutrup e Ellis (2019)
Cafeeiro	<i>Coffea arabica</i>	Pó de semente seca	Desnos (2016), Ferreira (1998)
Cerejeira	<i>Prunus avium</i>	Casca	Logan (2018), Ferreira (1998)
Castanheiro-da-índia	<i>Aesculus huppocastaneum</i>	Folhas	Boutrup e Ellis (2019)
Imbuia	<i>Ocotea porosa</i>	Serragem do cerne	Boutrup e Ellis (2019), Vejar (2015)

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 3 - Relação de plantas utilizadas para tingimento natural em tons amarelados

Pigmentação Amarelo			
Planta	Nome científico	Parte para extração	Referências
Abacateiro	<i>Persea americana</i>	Folhas	Logan (2018), Vejar (2015)
Açafrão-da-terra	<i>Curcuma longa</i>	Rizoma	Vejar (2015)
Arnica	<i>Arnica montana</i>	Raiz, folhas e flores	Burgess (2011), Desnos (2016)
Amoreira	<i>Morus sp</i>	Folhas	Logan (2018), Vejar (2015)
Calêndula	<i>Calendula officinalis</i>	Flores	Boutrup e Ellis (2019)
Camomila	<i>Anthemis catula</i>	Folhas	Burgess (2011), Desnos (2016)
Carqueja	<i>Baccharis sp</i>	Folhas	Boutrup e Ellis (2019)
Castanheiro da Índia	<i>Aesculus hippocastaneum</i>	Casca	Boutrup e Ellis (2019)
Cebola	<i>Allium cepa</i>	Casca	Boutrup e Ellis (2019)
Chá da Índia	<i>Camelia thea</i>	Folhas	Vejar (2015)
Eucalipto	<i>Eucalyptus spp</i>	Serragem do cerne	Burgess (2011), Desnos (2016)
Figueira	<i>Fucis carica</i>	Folhas	Desnos (2016)
Jaqueira	<i>Artocarpus heterophyla</i>	Serragem do cerne	Desnos (2016)
Barba de candeira	<i>Usnea sp</i>	Todo o líquen	Logan (2018)
Nogueira	<i>Juglans regia</i>	Folhas	Logan (2018)
Macieira	<i>Pyrus malus</i>	Casca	Desnos (2016)
Pessegueiro	<i>Prunus sp</i>	Casca	Logan (2018)
Pereira	<i>Pyrus communis</i>	Casca	Boutrup e Ellis (2019)
Quaresminha do campo	<i>Trembleya phlogiformes</i>	Galhos e folhas	Boutrup e Ellis (2019)
Taiúva	<i>Maclura tinctoria</i>	Serragem do cerne	Logan (2018)

Fonte: Elaborado pela autora.

Verma et al. (2021) investigaram o tingimento com corante natural de casca de cebola, suas propriedades antibacterianas e proteção UV de tecido de algodão tingido. O tecido de algodão tingido com casca de cebola tratado com quitosana apresentou 97,20% de redução do crescimento de *E. coli* e 98,03% de redução para *Staphylococcus aureus*. Este apresentou também fator de proteção ultravioleta de 84,80 FPU, em comparação com o tecido de algodão tingido tratado com alúmen que foi de 66,70 FPU, mostrando que o tecido de algodão tingido com quitosana forneceu mais proteção ultravioleta do que o com alúmen. No estudo também é identificado que a combinação de corantes com biopolímero é uma abordagem promissora para atender à exigência dos consumidores por produtos seguros e ecologicamente corretos. Além de aumentar a eficiência de tingimento do tecido de algodão sem usar sais e álcalis, e melhorar a proteção ultravioleta e propriedades antibacterianas.

Varela (2019) menciona que parte da matéria-prima utilizada para produzir corantes naturais vem do reaproveitamento do que seria um descarte, como resíduos de alimentos, serragem de madeira, folhas e até galhos de poda. Além de dar um novo uso ao que seria um rejeito, a tinturaria cria um mercado que não existia.

Gupta (2007) em seu livro "*The Way Forward for Sustainable Development in Textiles*" realiza um levantamento de diversos corantes naturais que fazem parte da cultura indiana e, conhecidos por serem antioxidantes, agentes antitumorais e anti diabéticos eficazes. O primeiro, é o extrato de *Areca catechu* que contém ácido tânico, catequina e quercetina, compostos responsáveis pelas características de cor, propriedades adstringentes e antioxidantes. *Vachellia nilotica* apresenta uma inibição significativa contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. Os alcalóides obtidos das raízes do *Berberis vulgaris* têm sido utilizados como medicamento em doenças reumáticas e outras doenças inflamatórias crônicas. O extrato de *Carthamus tinctorius* ou Cártamo possui propriedades antioxidantes. A Cúrcuma deve sua cor amarela característica a três pigmentos principais; curcumina (50-60%), desmetoxi curcumina (20-30%) e bis (desmetoxi) curcumina (7-20%). Esta possui atividade bactericida e anti-helmíntica e reduz os níveis de colesterol quando administrado por via oral. A curcumina é utilizada em ensaios clínicos para pacientes com AIDS, além de ser antifúngica, tem efeitos antioxidantes e anti-inflamatórios pronunciados e prevê-se que atue como um promotor antitumoral. As raízes da planta *Rheum emodi* contêm propriedades tônicas, adstringentes, antidisentéricas e antissépticas. Esta é utilizada em pacientes com reumatismo sendo creditada com atividade antitumoral (GUPTA, 2007).

Os galhos de *Quercus infectoria* contêm ácido tânico como o principal constituinte (50-70%) sendo utilizados em disenteria e diarreia. Também podem ser usados como agentes

larvicidas e no controle biológico do mosquito *Culex pipiens*. *Terminalia chebula* contém tanino, ácido gálico e ácido chebulínico, que atua como um adstringente e purificador do sangue. O extrato aquoso desta planta atua como um antioxidante e protege o corpo humano contra cirrose hepática, aterosclerose e câncer. Inibe as espécies bacterianas como *Helicobacter pylori*, *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae* e *Vibrio vulnificus*. *Punica granatum* apresenta atividades antibacteriana, antifúngica, anti-helmíntica e anti-fertilidade. O extrato de acetato de etila de *Punica granatum* demonstrou atividade antibacteriana contra todas as cepas de *Staphylococcus aureus* testadas (GUPTA, 2007).

No Brasil existem duas empresas precursoras no uso de tingimento natural, a Flávia Aranha e a Matricaria. A primeira marca foi criada em 2009 após uma viagem da estilista de mesmo nome à China no ano de 2007, onde Flávia conseguiu visualizar como a cadeia produtiva da moda funcionava e o impacto que ela causava ao meio ambiente. Desde o início da marca são utilizados tecidos naturais, como linho e algodão e realizados experimentos com o tingimento natural (NOGUEIRA, 2018).

Já a empresa Matricaria, foi criada em meados de 2008 por Maibe Marocco, visando mapear as plantas tintórias do cerrado brasileiro junto a cooperativas de artesãos têxteis do Distrito Federal, Goiás e Minas Gerais que utilizam receitas tradicionais de pigmentos e tintas naturais. A ideia inicial era a produção de artigos de vestuário com tingimento natural, mas Marocco quis ir mais fundo e entender como se chegava em cada cor. Gradualmente a empresa criou e ministrou diversos workshops e hoje em dia é uma das expoentes em ensino e venda de kits de tingimento natural. Para a empresária, os corantes naturais contribuem para o bem-estar do usuário, pois um tecido tingido com folha de eucalipto, pode ajudar na concentração e na vitalidade do mesmo (COLERATO, 2017).

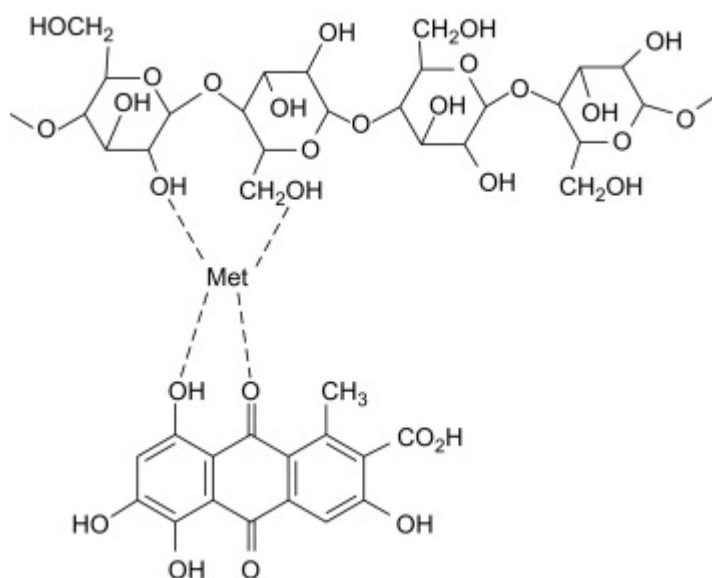
Os kits de tingimento natural comercializados pela empresa Matricaria são uma mistura de corantes naturais como romã, boldo, mangaba, catuaba, barbatimão, acácia, romã, cascas de cebola e eucalipto; e mordentes como sulfato de ferro, sal rosa e alúmen de potássio (MAROCCO, 2018).

3.1.3.3 Mordentes e Biomordentes

Os mordentes são substâncias químicas utilizadas para o tingimento de tecidos visando aumentar a afinidade entre o corante e a fibra, e trazer um maior tempo de permanência da cor no substrato tingido (WANGATIA, TADESSE, MOYO, 2015). Podem ser classificados em sais metálicos e biomordentes. A primeira categoria é a de sais metálicos como o alumínio, o cromo (dicromato de potássio) e o estanho (cloreto estanoso) que são considerados mordentes

abrilhantadores, já o cobre (sulfato cúprico) e o ferro (sulfato ferroso) são mordentes opacos (İŞMAL, YILDIRIM, 2019). O uso destes para tingimento natural é dúbio, pois, ao mesmo tempo, em que ajuda a fixar e intensificar a cor, acabam sendo descartados sais metálicos nos efluentes, contaminando terras e recursos hídricos (WANGATIA, TADESSE, MOYO, 2015). Na Figura 2 pode-se observar a ligação entre fibra de celulose de algodão, mordente metálico e um corante.

Figura 2 - Corante ligado à celulose de algodão usando um mordente



Legenda: Met = um íon metálico como Al^{3+} , Fe^{2+}

Fonte: İşmal e Yıldırım (2019).

A segunda categoria são os biomordentes, considerados a solução mais viável quando se diz respeito à ecologia. Podem ser polímeros como a quitosana, ser de origem mineral como pedra Hume ou de origem vegetal como plantas que contêm alto teor de tanino ou plantas hiperacumuladoras de metais. Os ácidos tânico e tartárico também se encaixam na categoria dos biomordentes. Estes são relatados como alternativas bio e ecologicamente corretas aos mordentes metálicos, por possuírem íons metálicos e taninos em sua estrutura molecular, proporcionando propriedades de tingimento e solidez satisfatórias (İŞMAL, YILDIRIM, 2019).

É possível utilizar os mordentes em três etapas: pré mordentagem, mordentagem, e pós mordentagem. A pré mordentagem é realizada antes do tingimento, em que o substrato recebe um banho do mordente e é posto para secar. A mordentagem acontece em simultâneo do tingimento, e a pós mordentagem é quando o substrato recebe um banho do mordente após

ter sido realizado o tingimento. As etapas de pré e pós mordentagem utilizam dois banhos e com isso o dobro de água. Na mordentagem simultânea há economia de água, porém impede que haja vários banhos de tingimento (SINGH et al. 2019).

Vankar e Shukla (2019) realizaram um estudo de tecido de algodão tingido utilizando Alga Arame (*Eisenia bicyclis*) e quitosana como biomordente. A quitosana apresentou melhor característica de tingimento e maior propriedade de proteção UV em comparação com a amostra sem biomordente e a do tecido de algodão não tingido. Verificou-se que a quitosana aumenta a absorção do corante no algodão.

Os taninos quando utilizados como biomordentes, além de auxiliarem no tingimento, podem gerar tons amarelos, marrons, cinzas e pretos. Algumas plantas cujas altas concentrações de taninos são: acácia (*Acacia catechu*), tamarindeiro (*Tamarindus indica*), romãzeira (*Punica granatum*) e eucalipto (*Eucalyptus spp.*). Já *Symplocos sp.* e a *Eurya acuminata* são reconhecidas como plantas hiperacumuladoras de metais e o uso destas é considerado promissor por substituir mordentes de sal metálico, eliminando a toxicidade do mesmo (SILVA, 2018).

Neira e Carvalho (2017) realizaram um estudo sobre tingimento de tecido de algodão com o pó de café e a utilização de mordentes naturais para a fixação da cor. Os mordentes testados foram: sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), acetato de cobre ($\text{Cu}_2(\text{OAc})_4$), cinzas vegetais produzidas por meio da queima de galhos e pedra Hume – alúmen de potássio 99,5%, e estes foram colocados em três recipientes diferentes: cobre, ferro e alumínio. Os resultados do estudo mostraram que os substratos tingidos em recipientes de alumínio obtiveram tonalidades mais claras, em recipientes de cobre tiveram tonalidades médias e os tingidos em recipientes de ferro tiveram tonalidades mais escuras. As amostras foram analisadas, e a que obteve a cor mais uniforme e com uma melhor fixação foi a combinação do pó de café, acetato de ferro e recipiente de ferro. O Quadro 4 apresenta um levantamento de corantes naturais e biomordentes utilizados para tingimento encontrados na literatura.

Quadro 4 - Levantamento de materiais utilizados em tingimentos naturais na literatura

Tecido tingido	Corante Natural	Biomordentes	Concentração de biomordente	Solução de banho	Referências
Tecido de lã pura penteado	Sementes de <i>Eriobotrya japonica</i> L.	Folhas de <i>C. tallow</i> , <i>F. artemisiae Argyi</i> e <i>C. camphora</i>	5%	1:50	Zhang et al. (2021)
Tecido de lã pura semi penteado	<i>Adhatoda v Asica</i> L. em pó	<i>Q. infectoria</i> , Casca de romã, <i>Babool (A. nilotica)</i>	0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5% e 6%	1:50	Rather et al. (2016)
Tecido de lã pura polida	Casca verde de amêndoa	Alecrim, Folhas de <i>Thuja occidentalis</i> e Casca de romã	3, 6, 9, 12 e 20 g/L	1:50	Ismal, Yildirim e Ozdogan (2014)
Tecido de algodão polido	<i>Rubia cordifolia</i> Linn	<i>E. acuminata</i>	2%	1:50	Vankar et al. (2008)

Fonte: Elaborado pela autora.

3.1.3.4 Cor e colorimetria

Por ser um fenômeno óptico, cada cor pode ser interpretada diferentemente, e provocar reações diferentes, pois se conhece mais de sentimentos do que cor (HELLER, 2013). Pedrosa (2009) afirma que cor não possui existência material, e sim é resultado de uma ação da luz ao nosso globo ocular. Segundo Choudhury (2014) a colorimetria é a ciência utilizada para materializar a cor por meio da quantificação. A percepção ótica da cor vincula-se, portanto, a uma fonte de luz, a algo colorido e a um espectador, fazendo com que todos esses aspectos atuem na forma como a cor será percebida (CHOUDHURY, 2014; SALEM, 2010).

A luz incide em um objeto emanando energia em ondas de diversas extensões. Ao incorrer sobre algo, o feixe de luz é alterado por procedimentos físicos, como disseminação e absorção, dependendo diretamente da constituição física e química do objeto. Assim, a luz incide sob os olhos de quem observa, sob diferentes formas: luz refletida ou luz refratada. Esta carga luminosa é assimilada pelos pigmentos fotossensíveis dos olhos, originando

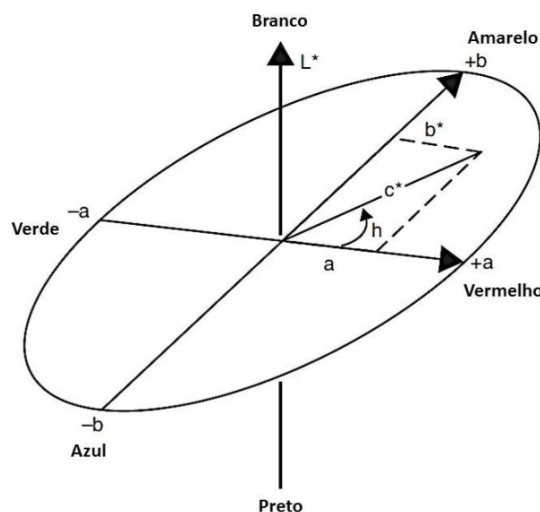
estímulos nervosos que serão enviados ao cérebro. A luz que penetra nos olhos comporta as impressões características do objeto e da fonte de luz e a conexão olho-cérebro elaborará uma avaliação de cor e de aparência do objeto (CHOUDHURY, 2014).

Salem (2010) define luz como o nome dado à radiação eletromagnética na faixa de 400 a 700 nanômetros a qual constitui a radiação visível para os seres humanos. As cores visíveis de cada setor dos comprimentos de onda são: violeta (400–430 nm), azul (430–485 nm), verde (485–570 nm), amarelo (570–585 nm), alaranjado (585–610 nm) e vermelho (610–700 nm).

A *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE) é considerada uma autoridade na Ciência da Luz e Cor, e definiu três espaços de cor, CIE XYZ, CIE L^*C^*h e CIE $L^*a^*b^*$ para a comunicação e expressão das cores. O espaço de cor $L^*a^*b^*$ também chamado CIELAB é atualmente um dos mais utilizados para avaliação de cores. Com esse sistema as indústrias de plástico, tinta, impressão, alimentícia e têxtil, utilizam para avaliar os atributos das cores, além de encontrar e classificar inconsistências e desvios padrão (LIMA; PEREIRA, 2021).

O espaço $L^*a^*b^*$ foi desenvolvido a partir de valores tristímulus XYZ, correspondentes às cores vermelho, verde e azul. Se trata de um espaço tridimensional; L^* corresponde à luminosidade e possui uma variante de 0 a 100, sendo 0 equivalente ao preto e 100 equivalente ao branco; a^* é a variação vermelho-verde - quando é positivo a cor varia para o vermelho, quando negativo, para o verde; b^* é a variação amarelo-azul - quando positivo a cor varia para o amarelo, quando negativo, para o azul. Quanto mais distante a cor estiver do ponto acromático, mais saturada (CHOUDHURY, 2014), Figura 3.

Figura 3 - Espaço de cor CIELAB



Fonte: Lima e Pereira (2021).

A diferença entre duas cores no espaço CIELAB é calculada pela distância Euclidiana (ΔE^*), que se trata da distância entre dois pontos no espaço tridimensional. O cálculo da diferença de cor (ΔE^*), considerando os três eixos L^* , a^* e b^* , é dado na equação $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ em que: ΔE^* = diferença de cor; ΔL^* = L^* amostra tingida – L^* amostra padrão; Δa^* = a^* amostra tingida – a^* amostra padrão e Δb^* = b^* amostra tingida – b^* amostra padrão (LIMA; PEREIRA, 2021).

A eficiência do tingimento têxtil pode ser ponderada pela saturação da cor na fibra tingida, ou seja, sua força colorística (K/S). A força colorística de um substrato têxtil tingido, conforme a teoria Kubelka-Munk, está ligada à sua propriedade de absorção. Quanto menor for a refletância do substrato tinto, maior será a sua capacidade de absorção e, em consequência, sua força colorística. O cálculo do K/S é dado na equação 1 em que: K é coeficiente de absorção; S é coeficiente de dispersão e R é reflectância (CHAKRABORTY, 2014).

$$K/S = (1 - R^2)/2R \quad (1)$$

Algumas metodologias podem ser utilizadas para determinar o valor do K/S da amostra tingida. Entre elas, está a metodologia que define o comprimento de onda de maior absorção (menor reflectância) e a partir dele obtém o valor da força colorística (CHAKRABORTY, 2014).

3.2 BIOECONOMIA E ECONOMIA CIRCULAR

A bioeconomia é um conceito macro que tem como base o estudo dos sistemas biológicos e recursos naturais, com a utilização de novas tecnologias, desenvolvendo produtos e serviços sustentáveis. As características mais relevantes são: abordagem sistêmica versus abordagem setorial na indústria clássica ou nos setores de tecnologia; desenhar, processar e fechar em ciclos e cadeias e, assim, agregar e criar valores; capacidade de integrar novos conhecimentos oriundos de tecnologias convergentes; ter uma visão ampla da biodiversidade em animais, plantas e microrganismos como elementos adicionais de inovação; e comprometer-se ao produzir e consumir, respeitando as fronteiras planetárias, incorporando assim os princípios dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) como principal linha de ação. Essas características específicas de uma bioeconomia correspondem, em simultâneo, às propriedades essenciais dos recursos biológicos: sua renovabilidade, seu potencial de ser neutro em carbono, oferecer funções novas e exclusivas em materiais e

processos de base biológica, como vida útil mais longa, maior robustez ou durabilidade dos materiais, estabilidade, menos ou nenhuma toxicidade, menos água, solo ou uso de energia de produtos e processos de base biológica (PATERMANN, AGUILAR, 2021).

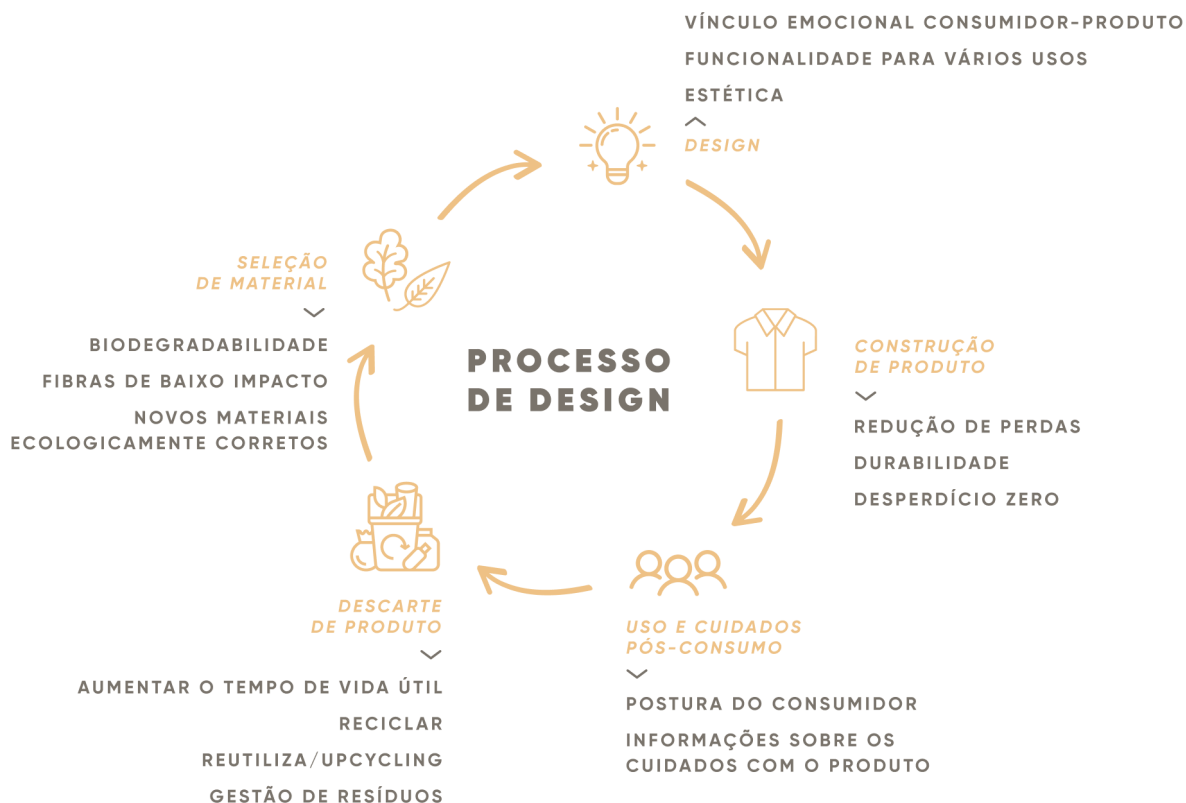
Já a economia circular é um conceito micro, dentro da bioeconomia, que visa transformar padrões tradicionais de produção e o crescimento econômico - atualmente vistos como sistemas lineares - em dinâmicas circulares que realizam conexões entre o uso de recursos e os resíduos gerados, para prevenir a poluição e o desperdício (PROVIN et al., 2021). O termo se tornou popular, diante da necessidade urgente de mudanças devido à degradação ambiental global, levando ao lançamento de políticas e estratégias baseadas na ideia de uma economia circular (BUCHMANN-DUCK, BEAZLEY, 2020; MORSELETTO, 2020).

No ano de 2015 a *Circular Europe Network* declarou que a essência da economia circular não se refere somente à reciclagem, mas também aos 3'Rs que significam reduzir, reutilizar e reciclar, e a hierarquia multi-R: repensar, redesign, reparar, refazer, redistribuir e recuperar (JABBOUR et al., 2019; KRISTOFFERSEN et al., 2020). Essa declaração vai ao encontro do movimento Lixo Zero que surgiu em 2008 pelas mãos da francesa Bea Johnson, e ganhou força no mundo em 2013 pela americana Laura Singer, trazido para o Brasil por Cristal Muniz. Nesse movimento os consumidores se baseiam nos 5'Rs: recusar absolutamente tudo que você não precisa; reduzir o que você não utiliza; reutilizar embalagens; reciclar tudo o que não é possível recusar, reduzir e reutilizar; e por último o "resto" que teria como consequência compostar tudo o que sobrar (MUNIZ, 2015). Essas correntes se unem ao desenvolvimento sustentável, preservando os recursos naturais, otimizando os mesmos e garantindo sua disponibilidade para o futuro (FERNANDES et al., 2020).

No ano de 2017, a Ellen MacArthur Foundation divulgou o relatório “Uma Nova Economia Têxtil: Redesenhando o Futuro da Moda” mostrando a visão para um novo sistema integrado baseado nos princípios da economia circular. O objetivo é de transformar a economia têxtil e do vestuário em uma oportunidade que integre melhores resultados econômicos, sociais e ecológicos com quatro principais pontos: eliminar gradualmente as substâncias tóxicas e a liberação de microfibras; transformar a forma como as roupas são projetadas, vendidas e utilizadas para romper o ciclo do descarte desenfreado; melhorar a reciclagem das fibras; e utilizar eficazmente os recursos, sendo sempre que possível insumos renováveis (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021).

É possível identificar a aplicação de resíduos têxteis em diversos setores como combustíveis sólidos, isolamento térmico e acústico, setor de construção, têxteis funcionais, produção de energia, xarope de glicose, entre outros (PROVIN et al., 2021). No entanto, é necessário que o reaproveitamento, não gerem novos resíduos, e o design do produto a ser desenvolvido corresponda com os objetivos da economia circular, Figura 4.

Figura 4 - Design de produto baseado na economia circular



Fonte: Adaptado de Provin et al. (2021).

Os pesquisadores Camere e Karana (2018), entendem ser necessário minimizar o uso de materiais e repensar as matérias-primas empregadas na fabricação de produtos, de modo a favorecer a reciclagem. Estes identificaram três possibilidades de materiais: o primeiro grupo é de recursos renováveis, com taxa de aquisição abaixo da taxa de crescimento; o segundo é de reciclados, obtidos a partir de recursos de reprocessamento já incorporados aos produtos; e por último o de materiais revividos, compostos descartados dos fluxos de produção industrial, como resíduos agrícolas.

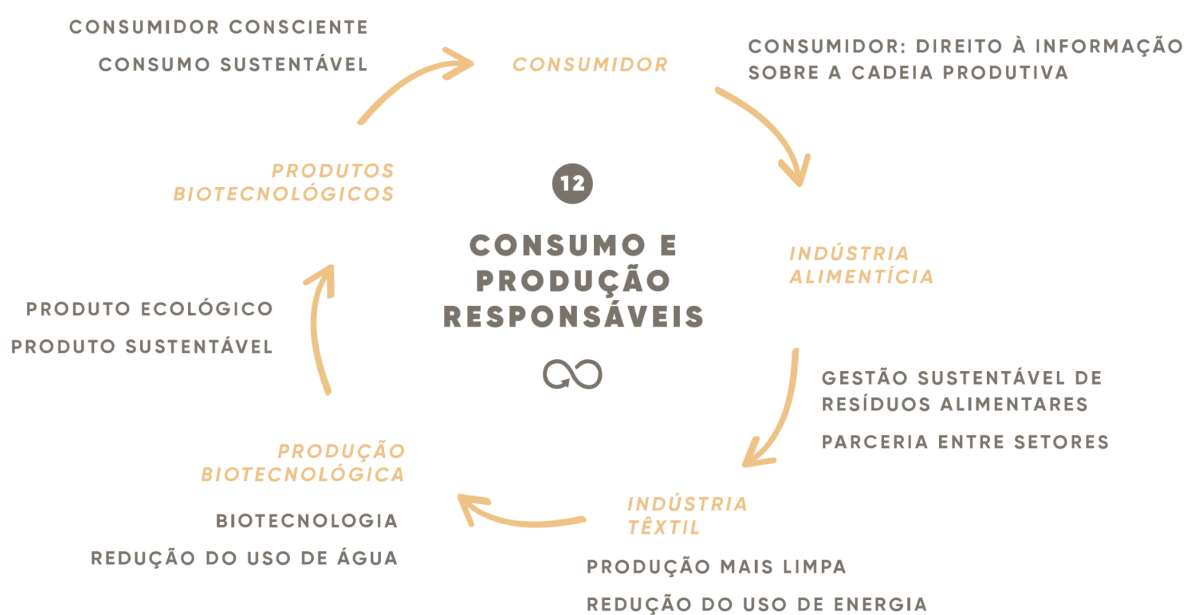
Para Kibler et al., (2018), Ravindran e Jaiswal (2016) um dos resíduos mais notáveis são os gerados pela indústria alimentícia, descartados mundialmente cerca de US \$ 1 trilhão em restos de alimentos. Esse desperdício resulta na perda de recursos naturais, como água,

energia e fertilizantes, necessários para a produção e processamento de alimentos, mas podem se tornar um bio-recurso de valor, ao ser usado para obter vários produtos químicos, materiais e combustíveis úteis. Uma das ações que a economia circular indica é a de agregar valor aos resíduos gerados e é possível realizar isso de diversas formas, como na utilização dos mesmos como corantes naturais - conforme citado no item 3.1.3.2; na produção de biopolímeros, no tratamento de água, na produção de energia, entre outros (PROVIN et al., 2021).

Os resíduos alimentares também podem ser utilizados para o desenvolvimento de bases biológicas (de fibras naturais, polímeros, celulose microbiana e produtos compostos de micélio fúngico) como opção para substituição de couro animal, criando assim o couro vegano para a produção de roupas, bolsas, sapatos e estofados (HILDEBRANDT, THRAN, BEZAMA, 2021). Um exemplo é o Piñatex®, uma alternativa ao couro animal feito de matéria-prima vegetal a partir das fibras de celulose extraídas das folhas do abacaxi, misturado com um ácido polilático à base de milho. O estudo vem sendo desenvolvido desde 1990 pela Dra. Carmen Hijosa sendo lançado no ano de 2014. Na produção da fibra são utilizadas cerca de 825 toneladas de folhas residuais da colheita do abacaxi.

A Figura 5 apresenta uma possível relação entre os setores alimentício e têxtil com a ODS 12 que inclui metas de consumo e produção responsáveis, assegurando padrões de produção e de consumo sustentável.

Figura 5 - Relação entre a indústria têxtil e alimentícia para o desenvolvimento sustentável de acordo as diretrizes de Consumo e Produção Responsáveis ODS 12



Fonte: Adaptado de Provin et al. (2021).

3.3 RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Resíduos são denominados como substâncias, produtos ou materiais que fizeram parte de um processo produtivo, e que não estão sendo aproveitados, mas, apresentam potencial para uso futuro, podendo ser gerados por meio industrial ou agrícola (LEÃO, 2011).

Conforme o último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2010, o índice de perda de grãos na pré-colheita chega a ser de 10% (BRASÍLIA, 2009). No livro "Perdas em Transporte e Armazenagem de Grãos – panorama atual e perspectivas", os dados estão mais atualizados com relação à quantificação das perdas econômicas de grãos como soja e milho no Brasil no ano de 2015. Cerca de 45,53% das perdas ocorreram no armazenamento; 21,67% no transporte rodoviário da fazenda ao armazém; 13,31% no transporte rodoviário; 1,62% no transporte multimodal hidroviário; 8,24% no transporte multimodal ferroviário; e por fim 9,04% no porto. Stelito Assis dos Reis Neto, superintendente de armazenagem da Conab, menciona que análises como essas abrem portas para que estudos com outros grãos como café, soja e feijão aconteçam (CONAB, 2021). Nos itens 3.2.1 e 3.2.2 serão abordados os resíduos provenientes da produção de café e de abacate.

3.3.1 A casca do café como subproduto agroindustrial e suas características

A Rubiaceae pertence à ordem Gentianales, considerada a quarta maior família das *Angiospermas*, compreende cerca de 611 gêneros e 13.150 espécies, podendo ser encontradas nos substratos aquáticos, rupícolas e terrícolas, é popularmente chamada como a família do café. Esta tem origem na Etiópia e dentre as espécies mais produzidas no Brasil estão a *Coffea arabica* e a *Coffea canephora*, também conhecidas como Café-Arábica e Café-Robusta (MARTINS, 2008). Ao analisar as regiões que mais produzem café no Brasil, existem seis estados considerados os maiores produtores de café do país, são eles: Minas Gerais com 30,7 milhões de sacas (53% da produção); Espírito Santo com 12,81 milhões de sacas (22%); São Paulo com 6,07 milhões de sacas (10%); Bahia com 4,50 milhões de sacas (8%); Rondônia com 2,19 milhões de sacas (4%) e Paraná com 1,05 milhão de sacas (2%) (VALENTE, 2015).

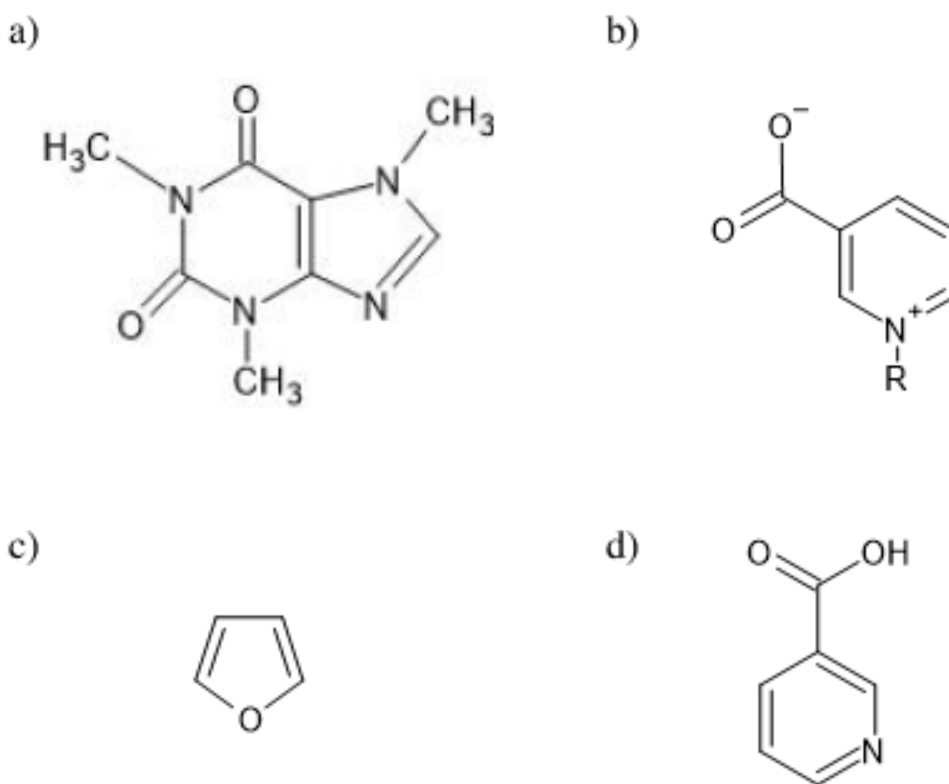
De acordo com último sumário executivo da EMBRAPA emitido em julho de 2021, o Brasil é considerado o maior produtor de café no mundo com uma colheita de 63,007 milhões de sacas em 2020, representando 35% da produção mundial. Em segundo lugar está o Vietnã com 31,105 milhões de sacas (17,5% da produção mundial) e em terceiro lugar está a Colômbia com 12,6 milhões (8,2% da produção mundial). Além disso, no mesmo sumário

pode-se conferir os dados de que a safra do café no Brasil cresceu 56% nos últimos 10 anos, atingindo em 2018 R\$25,25 bilhões (EMBRAPA, 2020).

Ao longo de qualquer processo de plantação são gerados inúmeros resíduos e com o café não poderia ser diferente. Há uma geração alta de resíduos sólidos como a casca do grão, a pele de prata, a polpa do fruto, ou até mesmo grãos de baixa qualidade. Segundo Valente (2015) é essencial estudar a melhor forma de aproveitamento dos resíduos resultantes das atividades industriais de modo a evitar o desperdício.

A composição dos grãos de café difere e depende da espécie; condições de torra dos grãos, incluindo temperatura, tempo e velocidade; condições de preparo, ou seja, o método de preparo, relação café / água, temperatura da água, tamanho da moagem e duração. Deve-se considerar sua estrutura molecular $C_{25}H_{28}N_6O_7$ (Figura 6), e os compostos bioativos como cafeína, ácidos clorogênicos, cafestol e kahweol e trigonelina (Figura 7). A composição química detalhada e o conteúdo das substâncias ativas, nutricionais e minerais nos grãos de café verdes e torrados são fornecidos na Tabela 2 (SOCALA et al., 2021).

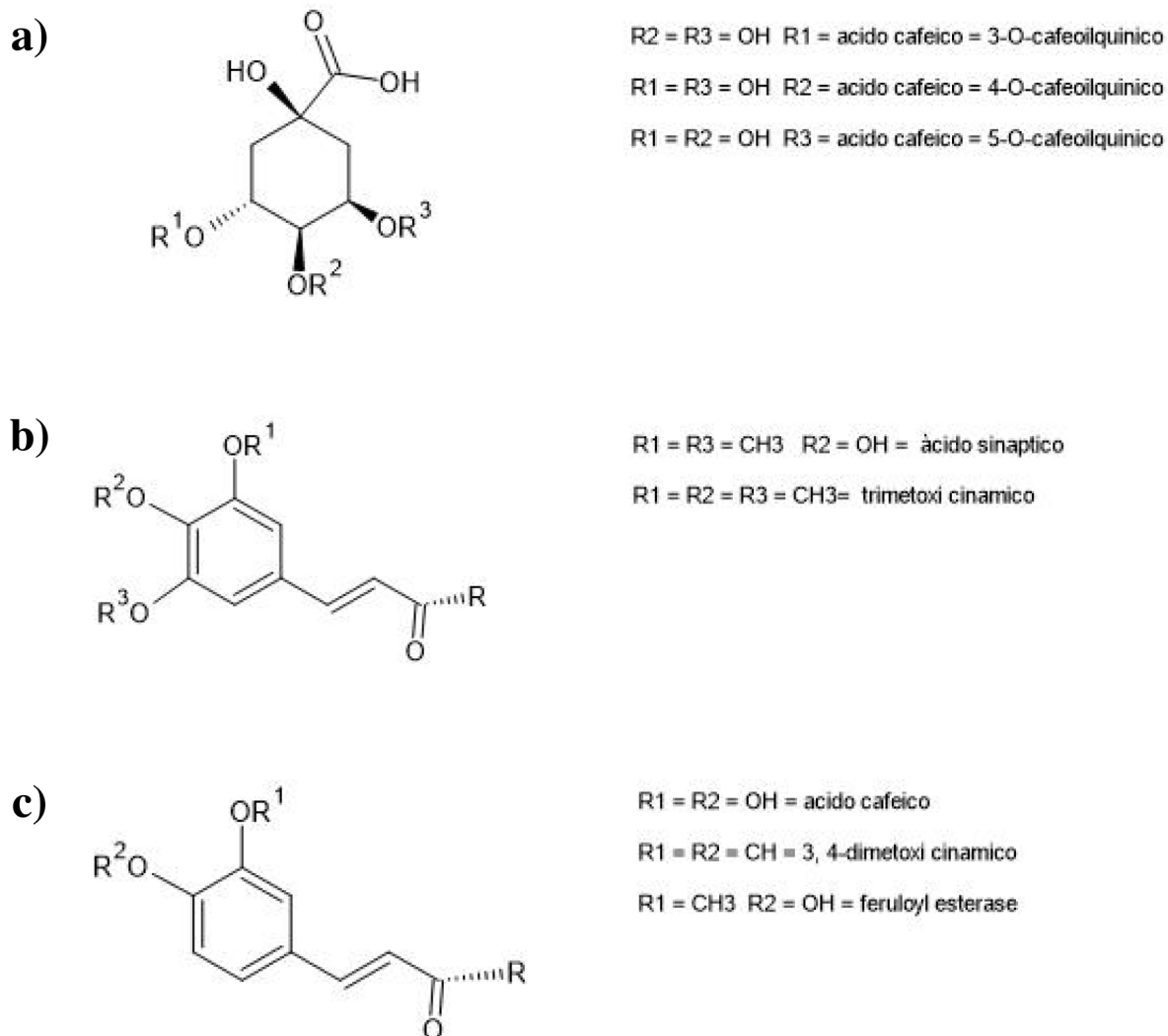
Figura 6 - Estrutura química dos compostos apresentados no extrato do café



Legenda: a) 1,3,7-Trimetilxantina, TMS; b) ácido *N*-metilnicotínico; c) furano; d) ácido nicotínico

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 7 - Estruturas dos compostos bioativos mais importantes do café



Legenda: a) estruturas de compostos não pertencentes aos ácidos clorogênicos; b) estrutura geral dos ácidos clorogênicos e os grupos mais importantes encontrados nos ácidos clorogênicos dos grãos de café; c) estruturas dos ácidos cafeoilquínicos encontrados nos grãos de café. Fonte: Socala et al. (2021).

Tabela 2 - A composição química dos grãos de café verdes e torrados

Compostos	Conteúdo em peso seco de grãos de café (%)	
	Café verde	Café torrado
Carboidratos:		
- polissacarídeos - celulose, arabinogalactana, galactomanana		
- oligossacarídeos - estaquiose, rafinose	60	43
- dissacarídeos - sacarose		
- monossacarídeos - glicose, galactose, arabinose, frutose, manose, manitol, xilose, ribose		
Lipídios:		
- triglicerídeo		
- esteróis - estigmasterol, sitosterol		
- ácidos graxos - linoléico, linolênico, oléico, palmítico, esteárico, araquídico, lignocérico, ácido beénico		
- ácidos graxos com pentacíclico		
- diterpenos - cafestol, kahweol	8-18	10-15
- ceras		
- tocoferóis		
- fosfatídeos		
Proteínas:		
- aminoácidos - asparaginas, ácido glutâmico, alanina, ácido aspártico, lisina	9-16	7,5-10
Outros compostos nitrogenados	1-6	1-2
- cafeína	0,9-3,33	1
- trigonelina	0,88-3,42	0,7-1
- ácido nicotínico	2×10^{-6} - 3×10^{-6}	0,01-0,04
Melanoidinas	-	25
Minerais	4	3,7-5
Ácidos e ésteres orgânicos e inorgânicos	6-15	6
- ácidos clorogênicos	4-14,4	1-4
- ácidos alifáticos e ácido quínico	0,7-2,5	1,4-2,5
- outros ácidos orgânicos e inorgânicos	2	<0,3

Fonte: Socala et al. (2021).

Nas tabelas 3 e 4 é possível verificar o resultado dos estudos de Pandey et al. (2000) que analisou os percentuais mássicos da casca de café via seca e os de Gouvea et. al (2009) em que foram analisados a composição química das cascas de café com beneficiamento via seca, respectivamente.

Tabela 3 - Análise dos percentuais mássicos da casca de café via seca

Composição	%
Cafeína	1,20
Fibras	31,86
Proteínas	11,70
Açúcares totais	26,50
Taninos	9,30
Lipídios	1,50
Umidade	11,98
Cinzas	6,03

Fonte: Pandey et al. (2000).

Tabela 4 - Composição química das cascas de café via seca

Composição	%
Proteína	8 - 11
Lipídios	0,5 - 3
Minerais	3 - 7
Carboidratos	58 - 85
Cafeína	± 1
Taninos	± 5

Fonte: Gouvea et al. (2009).

Quando analisados os macro e micronutrientes da casca de café encontram-se os nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Mn, Cu e B, Tabela 5.

Tabela 5 - Macro e micronutrientes do grão e da casca de café

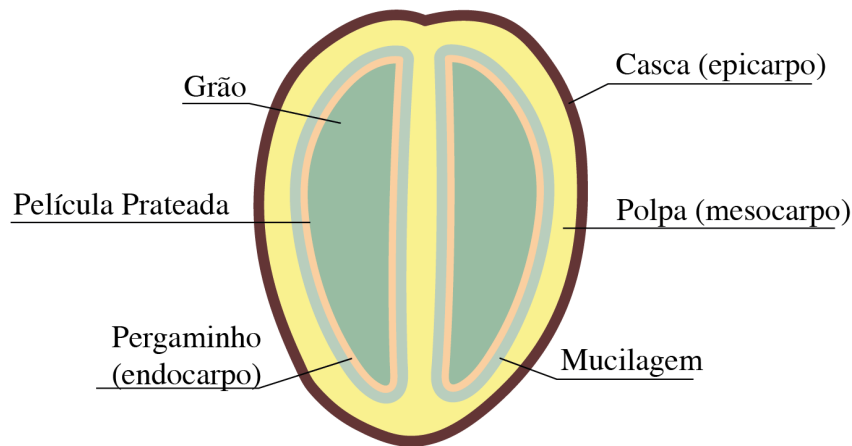
Nutrientes	Unidade	Grão	Casca de café	Ordem decrescente de extração (média)
N	Dag/kg (%)	2,3 a 2,4	1,5 a 2,5	K > N > Ca > Mg > P > S
P		0,14 a 0,16	0,08 a 0,09	
K		1,83 a 2,03	2,7 a 2,75	
Ca		0,10 a 0,11	0,37 a 0,42	
Mg		0,17	0,10 a 0,12	
S		0,11	0,11 a 0,12	
Zn	mg/kg (ppm)	3 a 4	5 a 6	B > Mn > Cu > Zn
Mn		27 a 28	33 a 37	
Cu		15 a 16	22 a 23	
B		16 a 40	41 a 49	

Fonte: Garcia e Carvalho (2008).

Valente (2015) e Floegel et al. (2010) relataram em seus estudos que os taninos pertencentes a composição da casca do café merecem destaque por possuírem atividades benéficas como: anticarcinogênicos, anti-inflamatórios, cardioprotetores e antioxidantes. Apesar da casca do café ser considerada anti nutricional por conter substâncias tóxicas para ruminantes como a cafeína (1,2%), taninos (6,3%) e polifenóis. Esta possui uma grande valorização quando se menciona a indústria farmacêutica, por conter a presença de cafeína, taninos, polifenóis e pectinas (VALENTE, 2015).

Considerando que o grão do café se divide em duas partes, a casca e a semente, o grão seco é composto de 29% de epicarpo (casca), 5% de mesocarpo (polpa ou mucilagem), 12% de endocarpo (pergaminho) e 54% de semente, e a casca representa 46% da matéria seca do grão (BAQUETA, 2016), Figura 8.

Figura 8 - Estrutura do grão de café



Fonte: Adaptado de Baqueta (2016).

Um estudo realizado por Moreira et al. (2018) relata a utilização de resíduos sólidos de café como alternativa para a obtenção de carotenóides com atividades antioxidantes e antimicrobianas utilizando como base a casca e a polpa de café *Coffea arabica*. Quanto aos resultados, os carotenóides obtidos exibiram atividades antioxidantes medidas pela atividade de interação do radical DPPH (1,1-difenil-2 picrilhidrazil); antimicrobianas contra bactérias patogênicas como *Salmonella incolor*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Listeria monocytogenes*, medidas por meio da microdiluição em placa de 96 poços; e antifúngicas como *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*, *A. carbonarius* e *A. ochraceus* por meio da metodologia adaptada de Lopes et al. (2013). Não foram realizados testes de citotoxicidade e os autores recomendam efetuá-los antes do uso comercial.

Mongkholrattanasit, Nakpathom e Vuthiganond (2021) realizaram um estudo com o pó de café moído, de modo a evitar o desperdício e entender possíveis usos de tingimento natural. Primeiramente foi identificada a composição química do pó de café moído, sendo: hemicelulose 30 a 40%, lignina 25 a 33%, óleo 10 a 20%, celulose 8,6 a 13,3%, proteínas 6,7 a 13,6%, polifenóis 2,5% e cafeína 0,02%. O tingimento ocorreu em tecido de algodão com as seguintes variantes: pó de café sem tratamento; pó de café e alúmen; pó de café e quitosana; pó de café, quitosana e ácido cítrico. Como resultado, o melhor tingimento obtido foi com a combinação de quitosana e ácido cítrico. As amostras exibiram um aumento na força da cor e na resistência ao enrugamento em comparação com as amostras não tratadas e com mordente de alúmen. Os tecidos tratados com quitosana e ácido cítrico têm a capacidade de reter o

caimento e exibem boa resistência ao enrugamento ao longo de 20 ciclos de lavagem, além de apresentarem boa solidez da cor quanto à lavagem e fricção.

Baggio et al. (2007) realizaram um estudo para analisar a atividade antioxidante e conteúdo de fenólicos totais em cascas de café da espécie *Coffea arabica*. Os resultados foram expressos em *Trolox Equivalent Antioxidant Capacity* (TEAC)¹ por grama de cascas e pó orgânico de café (massa seca), sendo $114,68 \pm 9,06 \mu\text{mol TEAC/g}$ para polifenóis e $544,42 \pm 5,23 \text{ mg/100g}$ para fenólicos totais.

Almeida, Mai, Puget (2014) desenvolveram um estudo sobre a extração de taninos da casca do café utilizando cascas do café Conilon, espécie *Coffea robusta*. O teor de taninos condensados no extrato (TTCE) foi de $11,59 \pm 0,47\%$ TTCE para uma hora e $22,35 \pm 0,53\%$ TTCE para seis horas. Já os taninos condensados na casca obtidos a partir da extração com água quente foram de $4,16 \pm 0,18\%$ TTCE para uma hora e $8,49 \pm 0,23\%$ TTCE para seis horas.

Baqueta (2016) estudou a extração e caracterização de compostos do resíduo da casca de café. Os resíduos obtidos para esse estudo eram de variedades de *Coffea arabica* e *Coffea robusta*. As amostras das cascas de café foram homogeneizadas e trituradas em um moinho de facas, embaladas e armazenadas em freezer doméstico a $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ até a realização dos experimentos. Estas foram utilizadas em base úmida. O foco deste estudo foi a extração de óleo das cascas do café, e a partir desse óleo identificar os níveis de atividades antimicrobianas. Segundo Almajano et al. (2008) a propriedade de inibição depende de vários fatores, como a cepa, o tipo de extrato e a concentração dos princípios ativos. Por isso, as conclusões de Baqueta (2016) para seu estudo são de que as concentrações encontradas nos extratos oleosos obtidos não apresentaram ação antimicrobiana e sugere para trabalhos futuros maiores concentrações das substâncias presentes nos extratos para melhores resultados.

A principal diferença do estudo de Baqueta (2016) em comparação aos estudos de Baggio et al. (2007) e de Almeida, Mai, Puget (2014) foi que Baqueta (2016) teve como objetivo a extração de óleo da casca do café e a utilização de base úmida, enquanto os outros estudos consistem em extrações por meio da base seca das cascas de café, e contém um melhor índice de desempenho quando não há mistura de grãos.

¹ Trolox é um composto químico análogo solúvel em água da vitamina E e vendido pela empresa Hoffman-LaRoche. É um antioxidante como a vitamina E, sendo usado em aplicações biológicas ou bioquímicas para reduzir o estresse oxidativo ou danos (BAGGIO et al., 2007).

3.3.2 O caroço do abacate como subproduto agroindustrial e suas características

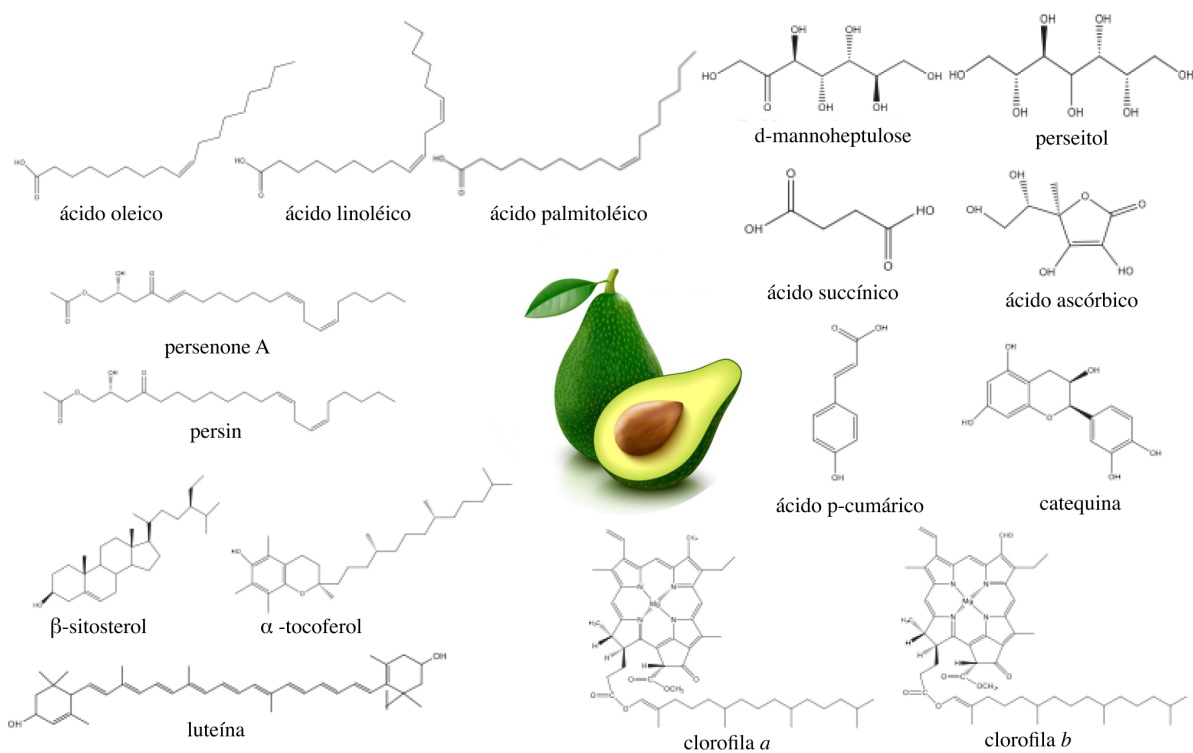
A *Persea americana* Mill é uma espécie da família Lauraceae, originário do México da Guatemala, popularmente conhecida como abacateiro, cujo fruto é o abacate cultivado na maioria das regiões tropicais e subtropicais do mundo todo (SERRANO-GARCÍA et al., 2022; LAZARE et al., 2021). Somente a polpa do fruto é consumida, gerando resíduos como o caroço e a casca, que representam 25% do peso total e contém substâncias antioxidantes capazes de combater os radicais livres, além de ácidos graxos como ácido oleico e o linoléico. Além disso, o caroço contém enzimas com características antibióticas e anti microbianas que podem ser utilizadas em conservação de alimentos, extração de taninos, pigmentos e branqueadores. A composição do caroço de abacate, bem como casca e polpa, varia conforme a espécie e região geográfica em que o abacateiro foi cultivado. Por isso, é necessário realizar a caracterização da safra produzida em uma determinada região para se avaliar seus potenciais e a utilizações dos mesmos (MELO et al., 2012).

Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) a produção mundial de abacate é em torno de 5,9 milhões de toneladas. Os principais países produtores do fruto são o México (2 milhões de toneladas), República Dominicana (601 mil toneladas), Peru (455 mil toneladas), Colômbia (309 mil toneladas), Indonésia (304 mil toneladas) e o Brasil (242 mil toneladas) (FAO, 2021).

O México é o líder do ranking e é o país que mais exporta abacate no mundo, visto que o consumo do fruto cresceu 18% ao ano nos últimos cinco anos e que o consumo per capita do fruto é de oito quilos. Nos Estados Unidos os números são de cinco quilos e no Brasil é de apenas 1 quilo por ano, aumentando apenas 0,3% ao ano (FAO, 2021). Atualmente o Brasil é o sexto maior produtor de abacate, representando 3,2% no total mundial. Em 2019, a safra teve um faturamento de R\$ 362.214,00. A produção se destaca nos estados de São Paulo (20,823 kg/ha), Distrito Federal (20,356 kg/ha), Paraná (17,170 kg/ha), Minas Gerais (13,544 kg/ha) e no Rio Grande do Sul (12,522 kg/ha) (IBGE, 2021). Os dados de consumo são referentes a todos os tipos de abacates existentes, que são: Avocado (Hass), Breda, Fortuna, Geada, Margarida, Ouro Verde e Quintal.

O abacate Hass é o menor deles, é o que contém menos água e maior teor de óleos essenciais (AAB, 2021). O seu óleo é composto por ésteres etílicos com uma fórmula química de $C_{116}H_{218}O_{12}$, na Figura 9 é possível visualizar os principais compostos da *Persea americana*.

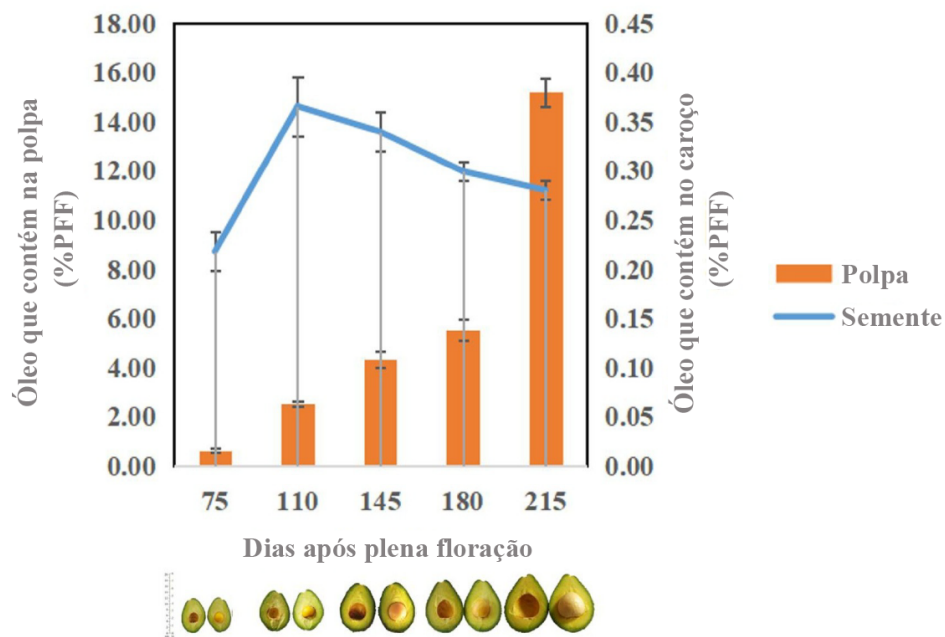
Figura 9 - Principais compostos de *Persea americana*



Fonte: Ramos-Aguilar et al. (2019).

Existem estudos que analisam os padrões de acúmulo do óleo do caroço de abacate, em comparação com a polpa do fruto durante o amadurecimento do mesmo. Essa análise é realizada por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa considerando o peso do fruto fresco (PFF). Na Figura 10 é possível observar que o fruto com 110 dias após plena floração (DPF) contém uma alta quantidade de óleo no caroço quando comparado com ao da polpa (GE et al. 2021).

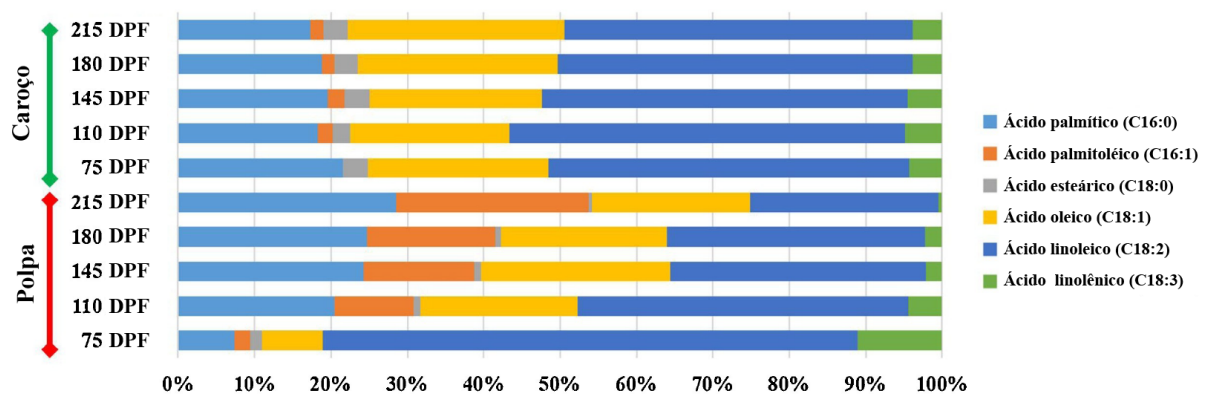
Figura 10 - Conteúdo de óleo na polpa e no caroço do abacate durante o período de desenvolvimento do fruto



Fonte: Ge et al. (2021).

A Figura 11 apresenta os ácidos graxos encontrados tanto no caroço, quanto na polpa do fruto desde 75 DPF até 215 DPF, são eles: ácido palmítico, ácido palmitoleico, ácido esteárico, ácido oleico (C18:1) ácido linoleico e ácido linolênico.

Figura 11 - Composição de ácidos graxos na polpa e no caroço do abacate em desenvolvimento durante o período de desenvolvimento do fruto



Fonte: Ge et al. (2021).

Quanto à sua composição química, Melo et al. (2012) realizaram um estudo de caracterização do caroço de abacate 'Hass', os dados podem ser vistos na Tabela 6.

Tabela 6 - Composição química do caroço de abacate seco

Parâmetro	Valor
Proteínas (%)	6,35 ± 0,09
Lipídios (%)	1,94 ± 0,05
Carboidratos totais (por diferença) (%)	81,54± 0,12
Pectina (%)	4,37 ± 0,20
Fenóis totais (%)	2,28 ± 0,05

Fonte: Melo et al. (2012).

Quando analisados os macro e micronutrientes do caroço e da casca de abacate encontram-se os nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, Tabela 7.

Tabela 7 - Teores de macronutrientes (g kg⁻¹) e micronutrientes (mg kg⁻¹) nas diferentes partes de abacate 'Hass'

Nutrientes	Polpa	Casca	Caroço	Valor de p
N	8,14 ±1,09	8,45±0,16	6,35 ±0,16	0,014
P	2,10±0,04	1,02±0,05	0,94±0,06	<0,001
K	17,37±1,46	16,60±1,93	9,03±0,74	<0,001
Ca	0,30±0,0	0,87±0,12	0,30±0,0	<0,001
Mg	0,87±0,06	0,87±0,12	0,70±0,0	0,04
S	3,1±0,07	1,66±0,02	1,55±0,04	<0,001
B	104,96±1,16	84,91±3,65	29,93±1,67	<0,001
Cu	12,67±0,58	9,00±0,00	7,00±0,00	<0,001
Fe	12,00±1,0	32,67±2,08	8,67±1,16	<0,001
Mn	6,33±0,58	12,67±1,16	3,00±0,00	<0,001
Zn	21,67±1,53	29,00±6,08	10,33±0,58	<0,002

Fonte: Daiuto et al. (2014)

Daiuto et al. (2014) realizaram um estudo da atividade antioxidante da polpa, casca e caroço de abacate 'Hass'. Os resultados indicam que a capacidade antioxidante da polpa, casca e caroço foi de 15,2 $\mu\text{mol TEAC/g}$, 791,5 $\mu\text{mol TEAC/g}$, 645,8 $\mu\text{mol TEAC/g}$ respectivamente. Pelo fato da casca e do caroço conterem maior atividade antioxidante é indicado que seja utilizado na aplicação na indústria de alimentos em substituição aos antioxidantes sintéticos.

Soong e Barlow (2004) analisaram as atividades antioxidantes da polpa e do caroço dos seguintes frutos: abacate, jaca, longan, manga e tamarindo. Os resultados também foram que os caroços contêm maior atividade antioxidante quando comparados à polpa. Os índices encontrados para as atividades do abacate foram 725,0 $\mu\text{mol TEAC/g}$ para o caroço e 13,1 $\mu\text{mol TEAC/g}$ para a polpa.

Wang, Bostic e Gu (2010) analisaram cultivares de abacates e verificaram que a casca e o caroço apresentaram maior atividade antioxidante. Os valores foram: polpa 1,3 $\mu\text{mol TEAC/g}$, casca 189,8 $\mu\text{mol TEAC/g}$, e caroço 164,6 $\mu\text{mol TEAC/g}$. Há também a constatação de que a composição do fruto pode sofrer alterações devido a alguns fatores como: época de colheita, estágios de amadurecimento, localização geográfica, condições ambientais, entre outros.

Girón-Vázquez et al. (2019) realizaram um estudo que observou a concentração do extrato aquoso de caroços de *Persea americana* desempenhando um papel importante na síntese de nanopartículas de prata (NPsAg). A metodologia utilizada consiste em testes de suscetibilidade microbiana por meio da técnica de difusão em disco em placas de Petri com *Escherichia coli* e diferentes concentrações dos NPsAg. Estas apresentaram tamanhos diferentes, afetados principalmente pela concentração do extrato utilizada, e à medida que o teor de extrato da caroço de *Persea americana* aumentava, o tamanho dos NPsAg coloidais também aumentava. Os materiais mostraram atividade antimicrobiana nos ensaios de *Escherichia coli* nas concentrações de prata de 6,01, 334,11, 823,34 $\mu\text{g/mL}$.

Soledad et al. (2021) avaliaram o perfil químico, as atividades biológicas de extratos de caroços de abacate (*Persea americana* cv. Criollo sp.), propriedades antioxidantes (compostos fenólicos, DPPH), e a atividade antimicrobiana (*Salmonella Typhimurium* e *Staphylococcus aureus*). Dezesesseis compostos químicos voláteis foram determinados, incluindo derivados de fenilpropanóides (estragol) e ésteres de ácidos graxos (ácidos linoléico e linolênico). O melhor potencial redutor foi de 56,35 mg/100g com a utilização da acetona como solvente. Conforme os resultados do perfil químico de extratos de caroços de abacate,

estes podem ter aplicação potencial como antioxidante (212,75 e 183,75 mg TEAC/100g) e aditivos antimicrobianos, indicando para uso em produtos alimentícios.

A *Persea americana* foi estudada por Bai (2021) para tingimento em tecidos de algodão e seda, a partir de extratos da folha, da casca, da pele e do caroço do abacate para a aplicação da técnica de Batik. Os mordentes foram utilizados com concentrações de 10%, 20% e 30% em relação ao extrato, com uma relação de banho de 1:30. Os melhores resultados foram atingidos utilizando os mordentes alúmen, cereja (*Myrobalan plum*) e pele de romã no tecido de seda. Foi identificado que quanto maior a concentração do mordente, maior a absorção de cor. Os resultados obtidos apresentaram compostos fenólicos, e as cores dos tecidos tingidos variaram entre os tons amarelo, marrom, rosa, lilás e roxo.

No Brasil quanto à parte industrial de comercialização, pode-se citar a empresa Jaguacy localizada na cidade de Bauru no estado de São Paulo. A empresa é pioneira e comercializa produtos derivados do abacate Hass há quarenta anos e possui uma fazenda de mais de 600 ha, também exporta para a Europa. O ciclo de produção da mesma é considerado fechado, dado que os abacates são de produção própria e a polpa é utilizada *in natura*, guacamole e azeite. Os caroços remanescentes da produção são encaminhados para a fazenda, onde são germinados para gerar novos pés de abacate e a casca é utilizada como adubo para o solo.

3.4 PROCESSOS DE EXTRAÇÃO

O processo de extração é altamente relevante, conforme os estudos mencionados nos itens 3.2.1 e 3.2.2, o tipo de extração utilizada pode influenciar no resultado obtido. Além disso, a qualidade e a quantidade de corante extraídos serão fatores determinantes para o tingimento do substrato. Também deve-se considerar o custo e as etapas para desenvolver o tingimento, a demanda de horas utilizadas, as regulamentações de cada país e o resultado obtido (CHAKRABORTY, 2014). Neste item serão abordados os tipos de extração existentes para corantes naturais.

3.4.1 Extração aquosa

A extração aquosa é o método tradicional mais utilizado. Para esse método a matéria-prima deve ser preferencialmente vegetal, deve estar cortada em pequenos pedaços, seca e ausente de umidade e triturada ou moída para melhorar o desempenho da extração. Após moída a amostra deve ser imersa em água durante um período para deixar a estrutura celular mais solta, na sequência deve-se ferver e filtrar (CHAKRABORTY, 2014).

O extrato aquoso costuma ter alto desempenho devido ao fato do tingimento também ser realizado no mesmo meio. Porém, há desvantagens no processo como: tempo demorado de extração; uso de alta temperatura, gerar alto gasto de energia e de recursos; baixo rendimento do corante e a extração de outras substâncias solúveis em água como açúcares (SAXENA; RAJA, 2014).

A relação entre a matéria-prima vegetal e o volume de água pode variar, de acordo com Ganglberger (2009) o ideal é que seja utilizado uma relação de 1:10 (m/v). Leitner et al. (2012) utilizaram uma relação de 1:10 por 1 hora em temperatura de ebulição de modo a obter a concentração para o tingimento têxtil.

3.4.2 Extração com solvente orgânico

Assim como na extração aquosa, o processo de preparação da amostra é igual, ou seja, deve ser cortada, seca, triturada e submetida à extração, e a temperatura e o tempo irão depender e variar conforme o solvente utilizado. Sucessivamente, a solução é filtrada e o solvente pode ser recuperado por destilação ou reaproveitado, viabilizando o procedimento de purificação da cor (SAXENA; RAJA, 2014). Nessa forma de extração podem ocorrer alguns fatores desfavoráveis como; a presença de solventes residuais tóxicos que não puderam ser recuperados; a extração agrupada de insumos cerosos; e a não solubilização dos solventes em água quando o tingimento for realizado em meio aquoso (VILAR et al., 2014).

3.4.3 Extração ácida e alcalina

Alguns corantes naturais podem ser encontrados na matéria vegetal na forma de glicosídeos e é possível extraí-los em meios ácidos ou alcalinos, visto que essas vias propiciam a hidrólise de glicosídeos, ampliando o rendimento dos extratos (SAXENA; RAJA, 2014). Usualmente se recorre ao carbonato de sódio (Na_2CO_3) ou hidróxido de sódio (NaOH) para realizar as extrações alcalinas, já o ácido clorídrico (HCl) é utilizado para as extrações ácidas. Neste procedimento, o material vegetal deve ser submerso na solução, sucessivamente fervido a 100 °C (ou com outra temperatura pré-definida) e, por último, deve ser filtrado para realizar o isolamento dos resíduos (SINGH; BHARATI, 2014).

A extração ácida pode ser utilizada para alguns tipos de corantes de flavona e colabora na prevenção da degradação oxidativa. Grupos fenólicos, por serem solúveis em álcali, podem ser extraídos em solução alcalina (SAXENA; RAJA, 2014). Por meio alcalino pode ser extraído o corante das sementes de urucum (*Bixa orellana* L.), com uso de hidróxido de potássio (KOH) ou hidróxido de sódio (NaOH) (VILAR et al., 2014).

É importante realizar uma análise prévia de alguns materiais corantes, pois devido à sua sensibilidade ao pH, os mesmos podem ser destruídos nesse processo. Todavia, esse método é importante por permitir a extração de diferentes corantes de uma mesma espécie, dado que os materiais vegetais contêm diferentes constituintes químicos, originando tingimentos com tonalidades e solidez de cor diferentes (SAXENA; RAJA, 2014)

3.4.4 Extração por fermentação

A extração por fermentação utiliza enzimas produzidas por microrganismos presentes ou na atmosfera, ou no material vegetal, auxiliando a extração do corante natural, reduzindo-o para sua forma leuco, solúvel em água. Um exemplo são as espécies do gênero *Isatis* e *Indigofera*, que contém índigo.

As etapas de extração para esse processo são: as folhas são trituradas, imersas em água morna e deixadas em repouso por horas ou dias, até ocorrer a fermentação enzimática. A substância glicosídica, presente nas folhas, se divide em glicose e indoxil durante o processo de fermentação. Em seguida o extrato é batido em cuba, onde o indoxil é oxidado pelo ar para indigotina insolúvel azul que se precipita e se deposita no fundo. A substância precipitada é lavada e espremida, retirando o excesso de água, e armazenada em estado sólido. John (2009) e Saxena e Raja (2014) consideram que as desvantagens desse método são a longa duração de tempo para realizar a extração, a necessidade de execução logo após a colheita do material e o mau cheiro durante a fermentação (JOHN, 2009; SAXENA; RAJA, 2014).

3.4.5 Extração enzimática

A extração enzimática é ideal para materiais vegetais duros, como cascas e raízes. Enzimas como celulase, amilase e pectinase, quebram a parede celular da planta e os materiais circundantes que contêm celulose, amido e pectina. Isso facilita a extração do corante e garante um resultado de alto desempenho (SAXENA; RAJA, 2014).

3.4.6 Extração ultrassônica

No processo de extração por ultrassom o material é tratado com água ou outro solvente, armazenado em um recipiente de vidro e colocado no aparelho de ultrassom. As ondas do aparelho de ultrassom percorrem através do líquido em ciclos alternados de alta e baixa pressão, resultando na cavitação acústica. Quando as bolhas de cavitação implodem na superfície dos sólidos, ocorrem microjatos e colisão interparticular gerando um peeling superficial, erosão, quebra de partículas, sonoporação e ruptura celular, atingindo o resultado

da extração. É considerado um dos melhores processos para a extração de moléculas sensíveis ao calor (SAXENA; RAJA, 2014; SINGH; BHARATI, 2014).

3.4.7 Extração com fluido supercrítico

O uso de fluido supercrítico resulta em uma extração sustentável, segura, não inflamável, não tóxica, limpa e que gera uma baixa quantidade de resíduos (CHAKRABORTY, 2014). Para isso utiliza-se um gás acima de seus valores críticos de pressão e temperatura - que por possuir uma menor tensão superficial, espalha-se mais facilmente sobre uma superfície. Por conta de sua baixa viscosidade e alta difusividade, interage bem com o material vegetal. Com o aumento da pressão e da temperatura, a solubilidade das substâncias nos solventes também cresce, assim o fluido supercrítico dissolve substâncias como um líquido (SILVA, 2018).

Normalmente se utiliza dióxido de carbono (CO₂) para a extração em temperaturas entre 32 e 49 °C e pressão entre 73,8 e 241,3 bar. Os atributos organolépticos e os ingredientes ativos dos extratos não são afetados, pois, os mesmos não requerem altas temperaturas. O CO₂ é uma molécula apolar, logo, para realizar a extração de compostos polares aplica-se um co-solvente para aprimorar sua solubilidade, sendo que o acetato de etilo, a água e o álcool etílico são os melhores co-solventes para a extração de corantes naturais. Na etapa final da extração, pode-se remover o dióxido de carbono do extrato e recuperá-lo por meio da redução da pressão (fase de expansão), em que o mesmo passará de seu estado supercrítico para o estado gasoso. As desvantagens desse método são o alto custo do equipamento e a má extração de substâncias polares (SAXENA; RAJA, 2014; SINGH; BHARATI, 2014).

3.5 TÉCNICAS DE TINGIMENTOS E ESTAMPARIA NATURAL

O termo tingimento natural remete às técnicas milenares e até mesmo caseiras, como o tingimento convencional, a impressão botânica ou até mesmo o shibori. A primeira técnica é uma das mais caseiras, consiste em utilizar uma panela de inox de 10 litros e resíduos alimentícios, plantas ou pigmentos prontos vendidos em armarinhos. O processo envolve emergir o substrato têxtil em água, com o resíduo ou pigmento utilizado, e ferver por até vinte minutos. Após, deixar esfriar na água, retirar do recipiente com cuidado e deixar secar à sombra, Figura 12 (MAROCCOLO, 2021).

Figura 12 - Cores e materiais naturais para tingimento



Fonte: Marocco (2021).

A impressão botânica é considerada uma forma de realizar uma estamparia localizada podendo ser realizada por *tatakizome* ou *ecoprint*. A primeira consiste em utilizar um martelo para obter a transferência do corante da planta para o substrato têxtil, já a segunda o corante é transferido para o tecido por meio do calor da água por imersão ou vapor, Figura 13 (MIYAZAKI, 2021).

Figura 13 - Técnicas de *Tatakizome* e *Ecoprint*

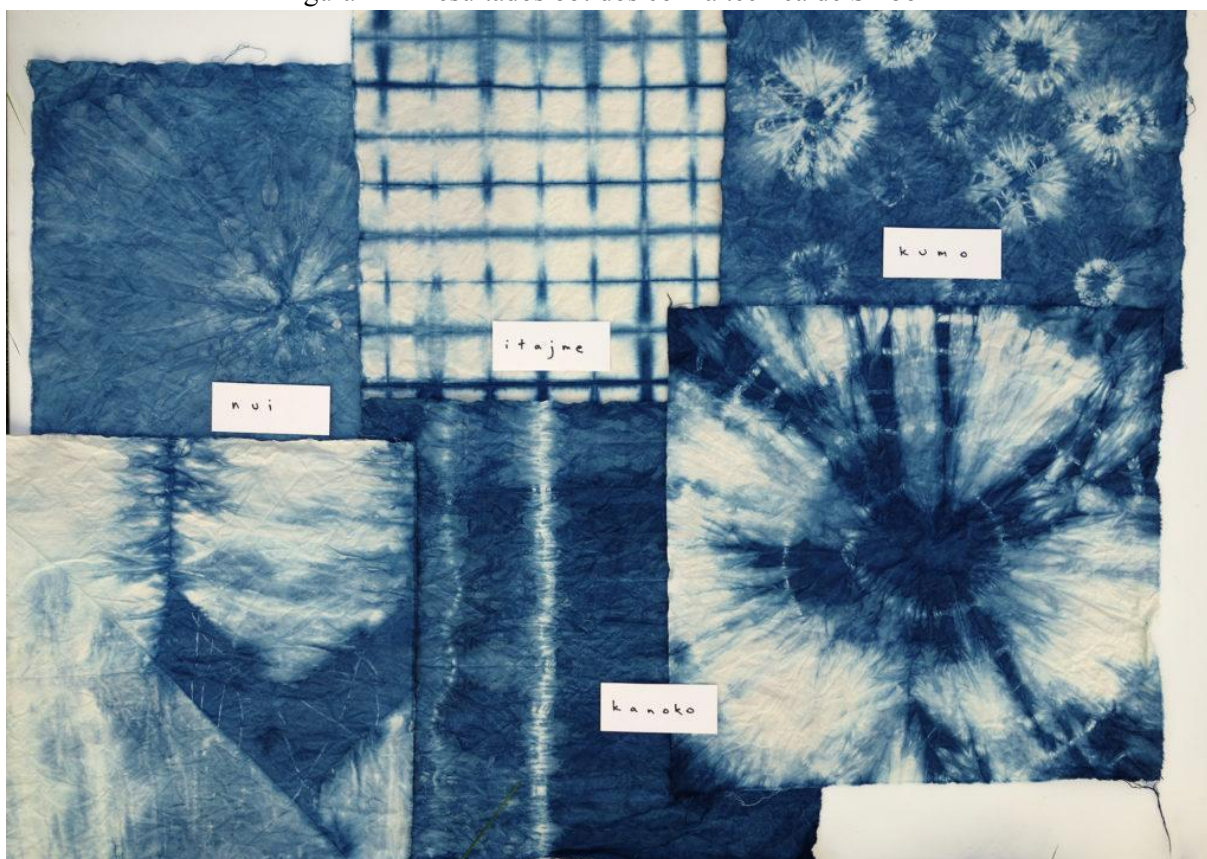


Fonte: Miyazaki (2021) e Guichon (2021).

O Shibori é uma técnica que consiste em unir, costurar, dobrar, torcer, amarrar ou comprimir partes do tecido criando um padrão gráfico. Inicialmente precisa-se definir qual técnica de shibori será utilizada conforme o desenho que se deseja obter, após preparar o material têxtil, é necessário realizar a extração do corante utilizado. Tratando-se de um corante natural e uma técnica caseira, essa extração é feita a partir da fervura do resíduo por

uma hora. Em seguida, deixar esfriar a extração, adicionar em uma panela com o tecido pronto para imersão. O substrato têxtil deve estar úmido para evitar possíveis manchas no tingimento e deve ficar imerso em água na panela em fogo baixo por mais uma hora. Após o tecido deve secar na horizontal para então ser desamarrado e poder visualizar o resultado, Figura 14 (POLO, 2017).

Figura 14 - Resultados obtidos com a técnica de Shibori



Fonte: Provax (2015).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Pesquisas bibliográficas foram realizadas visando conhecer mais sobre a indústria têxtil, entender os impactos ambientais da mesma, estudar sobre o crescimento da utilização do tecido de algodão orgânico, conhecer os tipos de corantes sintéticos e naturais, bem como mordentes e biomordentes. Conhecer o potencial como resíduo da casca de café da espécie *Coffea arabica* orgânica e de caroços de abacate da espécie Hass (*Persea americana*). Assim como sobre a aplicação de seus extratos em diversas áreas, principalmente a têxtil, de modo a obter informações que possam ser úteis para a pesquisa.

4.2 MATERIAIS

Os materiais selecionados para este estudo são de origem comercial: casca de café orgânica da espécie *Coffea arabica* (Certificação participativa pela Orgânicos Sul de Minas com registro no MAPA) gentilmente doada pela Cooperativa dos Camponeses Sul Mineiros em Minas Gerais e os caroços de abacate espécie Hass (*Persea americana*) comprados de fornecedores locais na Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) produzidos no estado de São Paulo. Mordentes metálicos: alumínio ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$), e sulfato ferroso ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$). Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico.

O tecido de malha de algodão orgânico foi comprado e fornecido pela empresa Aradefe Indústria e Comércio de Malhas LTDA (CNPJ 82.120.460/0001-18) na cor branca, pronto para tingir, de composição 100% algodão orgânico com certificação GOTS e gramatura de 160 g/m².

4.3 MÉTODOS

4.3.1 Caracterização da malha de algodão orgânico

A caracterização da malha de algodão orgânico foi realizada no Laboratório de Tecnologia Têxtil do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (LTT-IPT) consistindo em seis etapas: determinação da composição da fibra, massa por unidade de área, determinação da espessura, densidade, padronagens de tramas da malha, permeabilidade ao ar e determinação do índice de brancura.

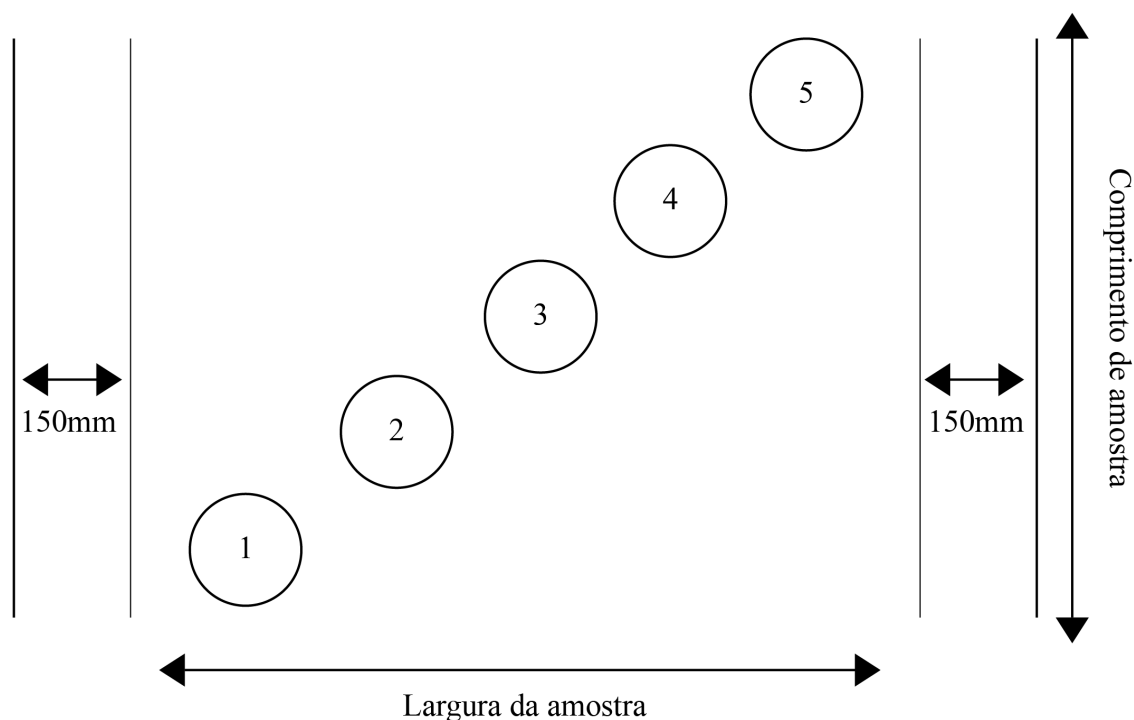
4.3.1.1 Determinação da composição da fibra da malha de algodão orgânico

Foram utilizados métodos para identificação de fibras têxteis, conforme a norma da ABNT NBR 13538:1995 (2014). A primeira parte do procedimento consiste no comportamento das fibras ao calor e à chama, e a segunda parte em solubilidade e reação.

4.3.1.2 Massa por unidade de área

A determinação da massa por unidade de área foi realizada conforme a norma da ABNT NBR 1059. Os tecidos foram condicionados em uma atmosfera padrão (65 ± 4) %U.R. e (20 ± 2) °C baseado na ABNT NBR ISO 139:2008 e após 24 horas foram cortados cinco corpos de prova com uma faca específica segundo as instruções do procedimento, Figura 15.

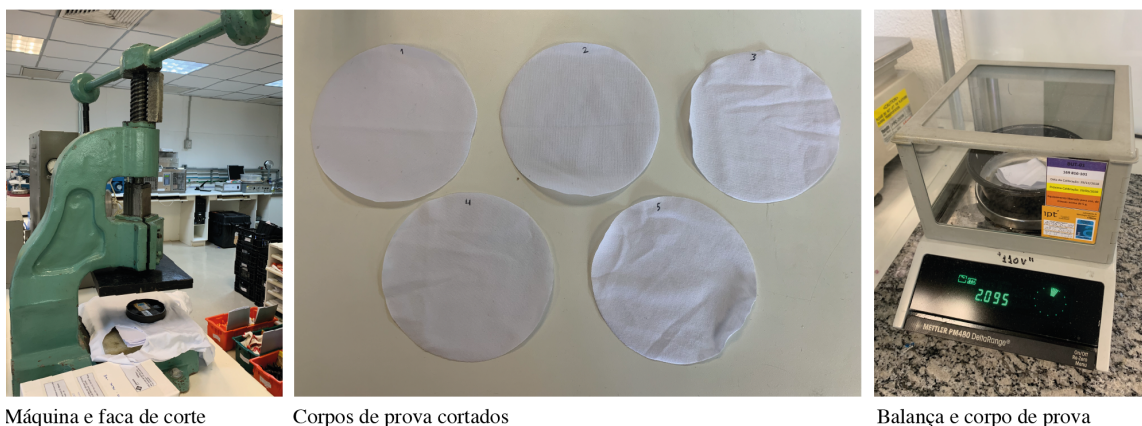
Figura 15 - Orientação de corte corpos de prova para determinação da massa por unidade de área



Fonte: elaborado pela autora.

Posteriormente os corpos de prova foram pesados em uma balança de precisão da marca DeltaRange, modelo Mettler PM480 e os pesos anotados considerando área $100064,3 \text{ mm}^2$. Na Figura 16 é possível visualizar o procedimento.

Figura 16 - Caracterização da malha de algodão orgânico: massa por unidade de área



Fonte: Elaborado pela autora.

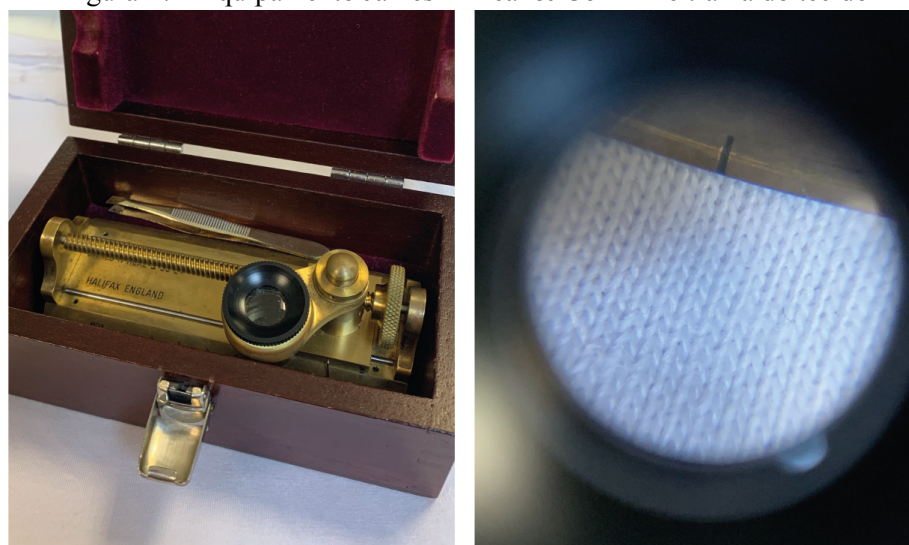
4.3.1.3 Determinação da espessura do tecido

Foram determinadas o número de colunas e carreiras do tecido usando a norma ISO 5084: 1996, utilizando 10 corpos de prova, cortados da mesma forma dos utilizados no item 4.5.2.

4.3.1.4 Determinação da densidade do tecido

Foram utilizadas as normas ABNT NBR 12 060:1991 e ABNT NBR ISO 139:2005 para determinar a densidade do tecido utilizando o equipamento da marca Halifax England, modelo James H Heal & Co LTD, Figura 17.

Figura 17 - Equipamento James H Heal & Co LTD e trama do tecido



Equipamento para contagem

Zoom da lupa

Fonte: Elaborado pela autora.

4.3.1.5 Determinação de padronagens de tramas das malhas

As padronagens de tramas das malhas foram determinadas conforme as normas ABNT NBR 13460:1995 e ABNT NBR 13462.

4.3.1.6 Permeabilidade ao ar de superfícies têxteis

Foram utilizadas as normas ISO 9 237:1995 e ABNT NBT ISO 139 para determinar a permeabilidade ao ar de tecidos e nãotecidos condicionados na atmosfera padrão de ensaio. O equipamento utilizado para realizar a pressão do ar, foi da marca TEXTTEST Instruments, modelo FX 3300, com cabeçote de fixação de 38 cm² e pressão do ar aplicada de 100 Pa. Foram medidos 10 corpos de prova cortados da mesma forma dos utilizados no item 4.3.1.2.

4.3.1.7 Determinação do índice de brancura do tecido

Os índices foram determinados baseados na norma ISO 105 J02, o tecido foi condicionado na atmosfera padrão de ensaio. Foi medido um corpo de prova nas dimensões de 10 x 10 cm no espectrofotômetro Hunterlab, modelo UltraScan PRO.

4.3.2 Preparação da casca de café orgânico e do caroço de abacate para extração

4.3.2.1 Secagem e moagem da casca de café orgânico e do caroço de abacate

As cascas de café da espécie *Coffea arabica* orgânicas foram secas em estufa da marca Tecnal, modelo TE-394/2 durante 24 h à 40 °C. Na sequência foram moídas com o moinho de facas tipo Willey SL-31 da marca Spencer, Figura 18.

Figura 18 - Cascas de café orgânicas secas e após a moagem



Material seco

Fonte: Elaborado pela autora.



Moinho



Material moído

Todos os abacates foram lavados em água deionizada, cortados, retirados os caroços e a polpa. Foram medidos 69 amostras dos caroços utilizando um paquímetro, obtendo uma média de 24 mm de comprimento e 18 mm de diâmetro, a fim de controle da espécie utilizada. Posteriormente os caroços foram quebrados com uma faca em quatro partes, secos em estufa da marca Tecnal, modelo TE-394/2, durante oito dias, 24h à 40 °C e as demais em 30 °C até massa constante. Moídos com o moinho de facas tipo Willey SL-31 da marca Spencer, Figura 19.

Figura 19 - Caroços de abacate - *in natura*, material seco, pesagem e material moído



Material *in natura*

Material seco

Pesagem

Material moído

Fonte: Elaborado pela autora.

4.3.2.2 Granulometria dos materiais moídos

Foi realizada para ter controle do tamanho das partículas e melhorar tanto a reprodutibilidade do processo quanto a eficácia na extração do corante (ANDRADE et al., 2019). A granulometria dos materiais foi realizada utilizando cinco peneiras de 16, 24, 42, 80, 170 e maior que 170 mesh que equivalem a 1,00 mm, 0,710 mm, 0,355 mm, 0,1770 mm, 0,088 mm e menor que 0,088 mm. As peneiras foram acomodadas em um agitador automático, Figura 20. Foram calculados o diâmetro médio e o desvio padrão.

Figura 20 - Peneira e agitador utilizado para processo de granulometria



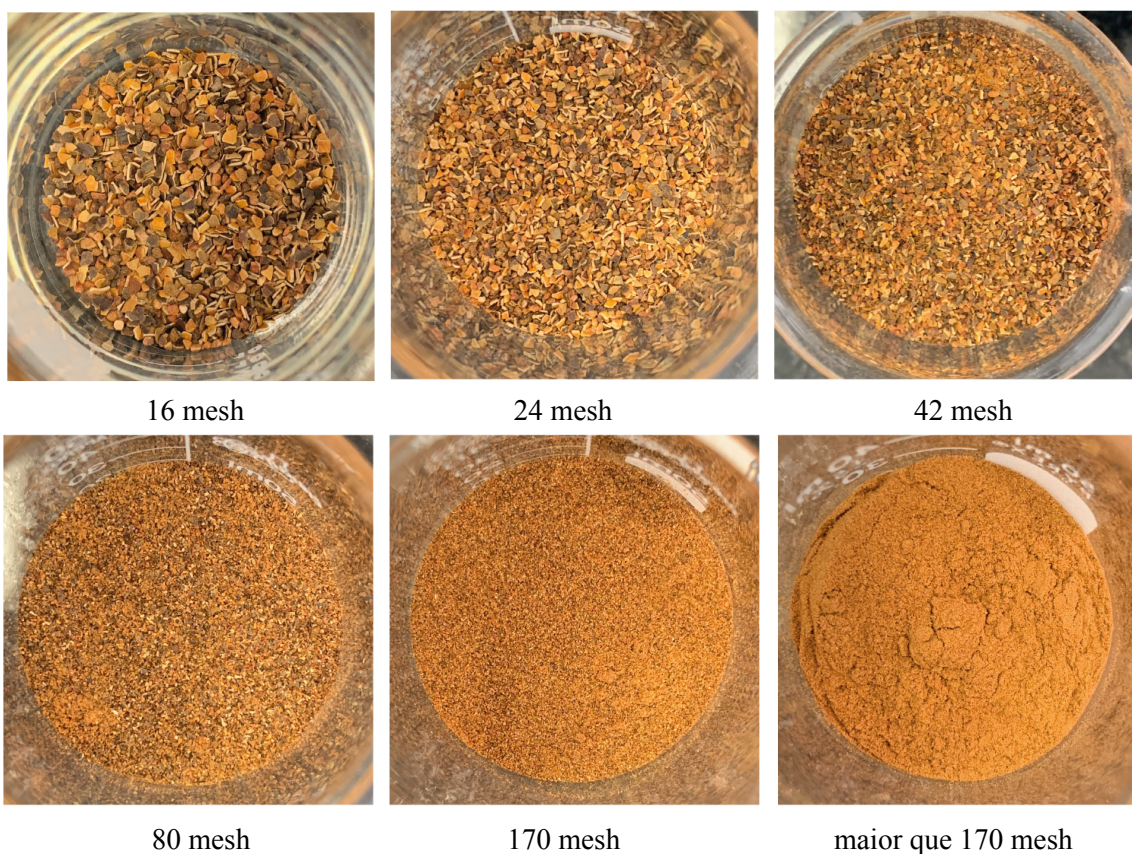
Peneiras

Agitador de peneiras

Fonte: Elaborado pela autora.

As quantidades obtidas das amostras de casca de café orgânico e caroço de abacate em cada peneira após granulometria, foram pesadas em uma balança de precisão da marca Shimadzu, modelo AUW220D. Na Figura 21 é possível visualizar as diferenças de tamanho das amostras obtidas em cada peneira diferente, das cascas de café orgânico.

Figura 21 - Grão de cascas de café após granulometria



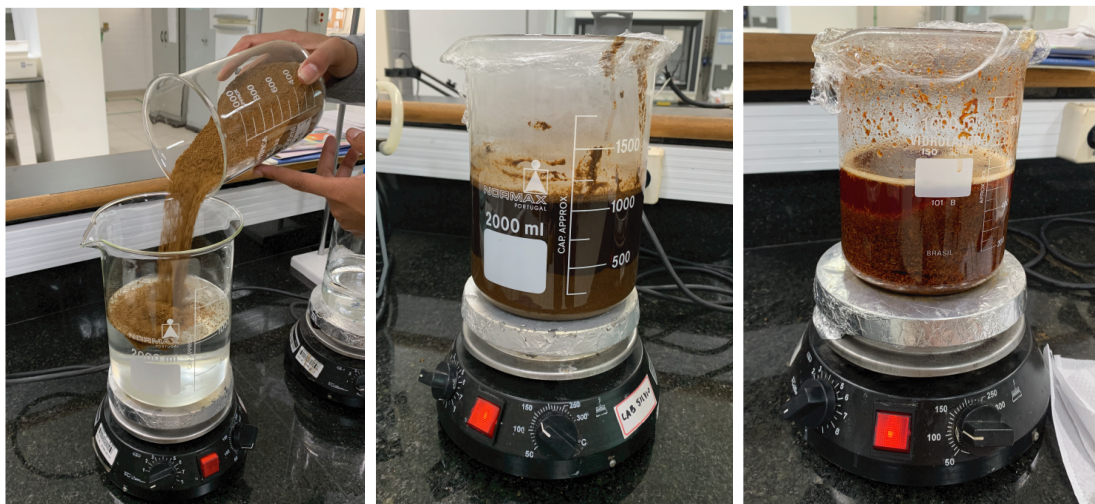
Fonte: Elaborado pela autora.

4.3.2.3 Extração e liofilização da casca de café orgânico e do caroço de abacate

Para a extração foram utilizados os seguintes resíduos: casca de café orgânico e caroço de abacate. Foram utilizados 200 g de casca de café orgânico, sendo 33,33% de grão de tamanho 0,1770 mm; 33,33 % de grãos 0,088 mm e 33,33% de grãos menores que 0,088 mm. Essa mistura foi feita considerando os grãos mais finos, de modo a obter maior superfície de contato para o processo de extração. Para o caroço de abacate foi utilizado em seu peso total, misturando todas as gramaturas obtidas na granulometria por conta de haver baixa quantidade de cada um dos resíduos.

A amostra de 200 g de casca de café orgânico foi colocada em um béquer com 1000 mL de água deionizada e a amostra de 70 g de caroço de abacate foi colocada com 350 mL de água deionizada. Os béqueres foram colocados sobre uma chapa de aquecimento até atingir a temperatura de 70 °C e mantidos nessa temperatura por 10 minutos. Após este período, os béqueres foram tampados e deixados esfriar por uma hora. Em sequência foi realizada a filtragem das amostras de extrato utilizando um tecido voil de poliéster, por não reter os corantes. Posteriormente foi realizada a etapa de aquecimento e de extração mais duas vezes para cada amostra, Figura 22.

Figura 22 - Processo de extração aquosa da casca de café orgânico e do caroço de abacate



Preparação das amostras Casca de café orgânico Caroço de abacate

Fonte: Elaborado pela autora.

Os extratos foram armazenados em recipientes de plástico e colocados no ultrafreezer da marca Consul, modelo CHB53, a -27 °C por 80 horas. Liofilizados no equipamento “Beta 1-8 LD plus”, marca CHRIST, para desidratação e conservação do extrato, a -55 °C atingindo o vácuo com pressões de até 0,5 mbar durante 30 dias, Figuras 23 e 24.

Figura 23 - Extrato liofilizado da casca de café orgânico



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 24 - Extrato liofilizado do caroço de abacate



Fonte: Elaborado pela autora.

4.3.2.4 Rendimentos

O cálculo dos rendimentos foi realizado segundo a equação 2 em que: MI é a massa inicial e MF é a massa final.

$$X = MF * 100\% / MI$$

(2)

4.3.3 Caracterização dos extratos da casca de café orgânico e do caroço de abacate

4.3.3.1 Determinação do pH

O pH dos extratos foi medido utilizando um pHmetro, marca Tecnal, modelo TEC-3MP, com faixa de trabalho de 0 a 14 e resolução de 0,01. O pH dos extratos foi ajustado para 3, 7 e 11 com ácido acético (1M) e hidróxido de sódio (1M), para a realização dos ensaios de tingimento.

4.3.3.2 Espectroscopia no ultravioleta visível (UV-Vis)

A análise espectral no ultravioleta visível dos extratos aquosos de casca de café orgânico e caroço de abacate - todos liofilizados - foram realizadas utilizando o espectrofotômetro Ultrospec 1100 PRO, Amersham Biosciences. A concentração utilizada para a análise foi de 0,08 mg/mL de cada amostra e a referência usada foi a água deionizada. A faixa de comprimento utilizada para obtenção do espectro foi de 200 a 700 nm, foi utilizada cubeta de quartzo de 1 cm para leitura das amostras.

4.3.3.3 Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR-ATR)

As amostras de casca de café orgânico moído (CFM), extrato de casca de café orgânico liofilizado (ECFL), caroço de abacate moído (COM) e extrato de caroço de abacate liofilizado (ECRL), foram analisados pela Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR-ATR) no aparelho Spectrometer Spectrum two Perkin Elmer.

4.3.3.4 Termogravimetria (TG)

A análise termogravimétrica (TG) foi realizada no Laboratório de Desenvolvimento e Inovação Farmacotécnica da USP (FCF/USP) no equipamento Discovery HP-TGA 75/750/7500 da marca Hewlett-Packard Company em uma atmosfera de nitrogênio com fluxo de 100 mL/min e com a razão de aquecimento de 25 a 600 °C por 10 °C/min - 100 mL/min de N₂. As massas utilizadas foram de 4,838 mg para o extrato liofilizado da casca de café orgânico, de 5,73 mg para o extrato liofilizado do caroço de abacate e 3,675 mg para amostra de malha de algodão orgânico não tingida.

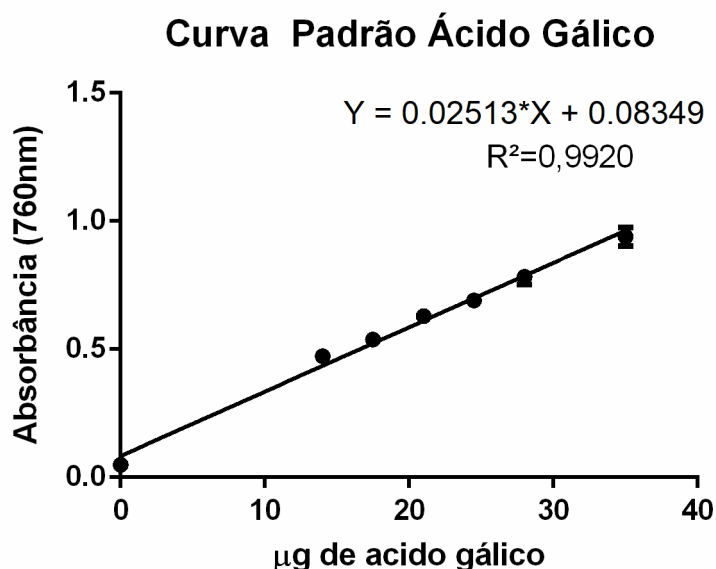
4.3.3.5 Análises de quantificação de fenóis totais, flavonoides totais, taninos hidrolisáveis e atividade antiradicalar

4.3.3.5.1 Doseamento dos fenóis totais

A determinação de fenóis totais foi realizada utilizando o método de Folin-Ciocalteu no equipamento Synergy H1 da BioTek. A curva padrão de ácido gálico foi construída a partir de 8 diluições nas concentrações de 87,5 mg L⁻¹ a 700 mg L⁻¹ a partir de uma solução estoque de 875 mg L⁻¹, Figura 25. Os extratos foram preparados na concentração de 1mg mL⁻¹ (WATERMAN, MOLE, 1994).

Para o doseamento dos fenóis totais foram adicionados em microtubos 1560µL de água Milli-Q, 40 µL da amostra, 100 µL do reagente Folin-Ciocalteu e 300 µL de uma solução saturada de carbonato de sódio. Após 2 h de reação, as alíquotas de 200 µL de cada microtubo foram adicionadas em uma placa de 96 poços para a realização da leitura em 760 nm. Os valores das absorbâncias das amostras foram extrapolados na curva padrão de ácido p-cumárico obtendo-se os valores em massa equivalentes ao ácido gálico (EAG) (TORRES et al., 2018). Esta análise foi realizada no Instituto de Biociências da USP (IB/USP).

Figura 25 - Curva padrão de ácido gálico



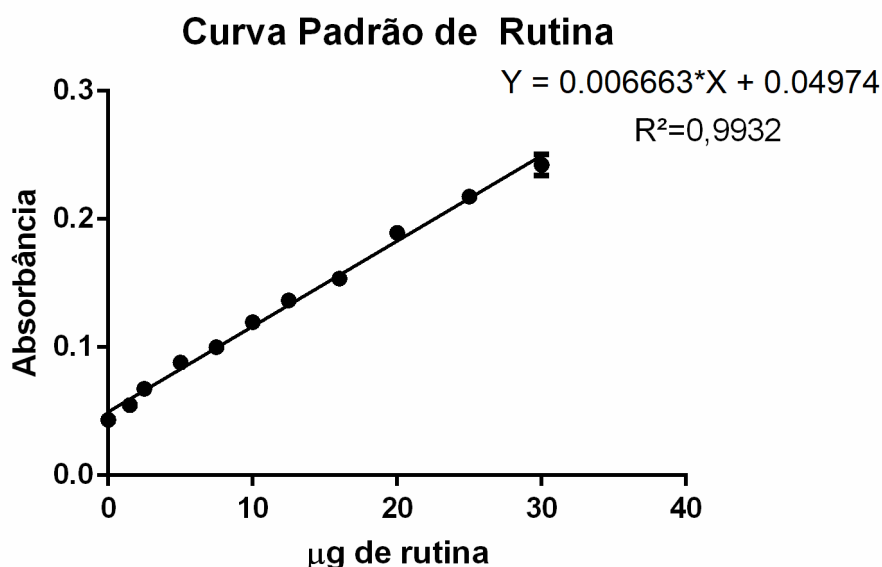
Fonte: Carvalho e Ferreira (2022).

4.3.3.5.2 Doseamento dos flavonoides totais

A determinação dos flavonoides totais foi realizada utilizando a reação com cloreto de alumínio. Para tanto, foi empregada uma solução de concentração 50 mg mL^{-1} de cloreto de alumínio. A curva padrão de rutina foi construída a partir de 10 diluições nas concentrações de $3,0 \text{ } \mu\text{g mL}^{-1}$ a $60 \text{ } \mu\text{g mL}^{-1}$ a partir de uma solução estoque de $0,1 \text{ mg mL}^{-1}$, Figura 26. Os extratos foram preparados na concentração de 1 mg mL^{-1} (WATERMAN, MOLE, 1994).

Para o doseamento dos flavonoides totais foram adicionados em microtubos $0,5 \text{ mL}$ da amostra e $0,5 \text{ mL}$ da solução de cloreto de alumínio. Após 15 min de reação, as alíquotas de $200 \text{ } \mu\text{L}$ de cada microtubo foram adicionadas em uma placa de 96 poços para a realização da leitura em 420 nm . Os valores das absorbâncias das amostras foram extrapolados na curva padrão de rutina obtendo-se os valores em massa equivalentes à rutina (WATERMAN, MOLE, 1994). Esta análise foi realizada no Instituto de Biociências da USP (IB/USP) no equipamento Synergy H1 da BioTek.

Figura 26 - Curva padrão de rutina



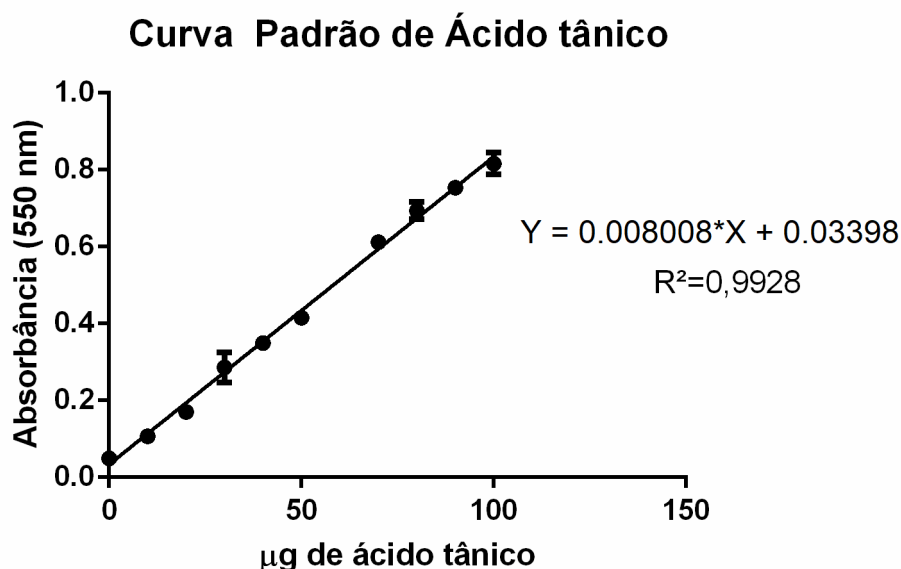
Fonte: Carvalho e Ferreira (2022).

4.3.3.5.3 Doseamento dos taninos hidrolisáveis

A determinação dos taninos hidrolisáveis foi realizada utilizando a reação com iodato de potássio, conforme procedimento descrito em literatura, Figura 27 (SAFFARZADEH-MARTIN, KHOSROSHAHI, 2017). As leituras dos ensaios antirradicalar, fenóis totais e flavonoides totais foram realizadas em um espectrofotômetro para microplacas da Synergy™ H1. Todos os ensaios foram realizados em triplicata e os

resultados tratados e representados com média \pm desvio padrão no programa Origin Pro 8.5. Esta análise foi realizada no Instituto de Biociências da USP (IB/USP) no equipamento Synergy H1 da BioTek.

Figura 27 - Curva padrão de ácido tânico



Fonte: Carvalho e Ferreira (2022).

4.3.3.5.4 Avaliação da atividade antirradicalar

As atividades antirradicalares foram realizadas com o radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH). A solução de DPPH foi preparada a partir de 3,5 a 3,9 mg de DPPH em 50 mL de metanol. A concentração exata da solução de DPPH foi determinada pela absorbância máxima e 515 nm considerando $\epsilon_{\text{DPPH}} = 1,25 \cdot 10^4 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$. A solução do antirradical trolox, utilizado como padrão, foi preparada com 1,25 mg em 2,5 mL de metanol, os extratos foram preparados com 2,0 mg em 1,0 mL de metanol. As soluções preparadas permaneceram por 5 minutos no sonicador para total solubilização.

As análises foram realizadas utilizando microplacas para leitura das absorbâncias com caminho ótico de 5 mm, com volume total de 220 µL. As leituras foram realizadas em 515 nm após 30 minutos de reação para o trolox e 50 minutos para os extratos.

A porcentagem de atividade antirradicalar foi calculada a partir da equação 3, em que o controle negativo foi preparado com 200 µL de DPPH e 20 µL de metanol, o branco foi preparado com 20 µL da amostra e 200 µL de metanol e a amostra foi preparada com 200 µL de DPPH e 20 µL de amostra. A concentração inibitória à 50% (CI_{50}) de cada extrato foi

obtida a partir da equação da reta do gráfico de concentração pelo percentual de atividade antirradicalar (TAMAYOSE et al, 2019; OLIVEIRA et al, 2014).

$$AA\% = 100 - \left\{ \left[(ABS_{AMOSTRA} - ABS_{BRANCO}) \times 100 \right] / ABS_{NEGATIVO} \right\} \quad (3)$$

Estas análises foram realizadas no Instituto de Biociências da USP (IB/USP) no equipamento Synergy H1 da BioTek.

4.3.3.6 Atividade antimicrobiana

As análises de atividade antimicrobiana foram realizadas com quatro amostras: casca de café orgânico moído (CFM), extrato de casca de café orgânico liofilizado (ECFL), caroço de abacate moído (COM) e extrato de caroço de abacate liofilizado (ECRL). O método utilizado foi de difusão em ágar, e foram utilizadas quatro cepas: do fungo *Candida albicans* SC5314, e as bactérias *Staphylococcus* ATCC 6532, *Escherichia coli* ATCC 25922 e *Pseudomonas aeruginosa* PAO1.

A suspensão de cada microrganismo foi padronizada conforme a escala 0,5 McFarland. Com auxílio de um swab, esta suspensão foi espalhada em toda a superfície do ágar Muller-Hinton. Posteriormente, poços de 7 mm foram produzidos no ágar. Os extratos foram dissolvidos em DMSO e, posteriormente, diluídos em PBS para obter uma concentração de trabalho de 1024 mcg/mL. Uma alíquota de 100 uL foi dispensada em cada poço. A placa foi incubada por 24h a 35 °C. Estas análises foram realizadas no Instituto de Ciências Biomédicas (ICB/USP).

4.3.3.7 Análise cromatográfica por HPLC-UV-DAD

Os extratos foram analisados por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a um detector de fotodiodos de varredura do espectro no ultravioleta (HPLC-UV-DAD), utilizando um Cromatógrafo Agilent 1260 equipado com célula de fluxo de 60 mm (modelo 1260) acoplado a um detector de UV. A separação cromatográfica foi realizada em uma coluna Zorbax Eclipse Plus C-18 (4,6 x 150 mm – partícula 3,5 µm). As análises foram realizadas à temperatura constante de 45 °C, fluxo de 1 mL.min⁻¹ e com volume de injeção de 3 µL. A composição da fase móvel empregada foi de 0,1% de ácido acético em água (A) e acetonitrila (B). Os solventes de grau HPLC utilizados foram: metanol, acetonitrila e ácido acético da marca T.J. Baker®. A água deionizada (Milli-Q) foi obtida em aparelho Direct-Q® 3 UV Water Purification Systems (resistividade mínima 18,2 MΩ.cm a 25 °C) da

marca Merk®. O método cromatográfico foi constituído pela mistura gradual dos solventes: A (0.1% ácido acético em H₂O) e B (acetonitrila) de: 0–6 min (10% B); 6–7 min (10–15% B); 7–22 min (15% B); 22–23 min (15–20% B); 23–33 min (20% B); 33–34 min (20–25% B); 34–44 min (25% B); 44–54 min (25–50% B); 54–60 min (50–100% B). Experimentos realizados no laboratório do Instituto de Biociências da USP (IB/USP).

4.3.4 Tingimentos realizados com extratos liofilizados da casca de café orgânico e do caroço de abacate

Os tingimentos foram realizados em uma relação de banho 1:20 (m/v) com a concentração de 100% do extrato da casca de café orgânico em pH (sem ajuste) de 5,08 e pH 7 e 11 em triplicata. Todas as amostras tingidas foram de tecido de malha de algodão orgânico de tamanho 10 x 5 cm, e massa de 1g. Como biomordente foi utilizado o extrato liofilizado do caroço de abacate (CR) e como mordentes metálicos o alúmen (KAl (SO₄)₂.12H₂O), também conhecido como alúmen (AL), e sulfato ferroso (SF) (FeSO₄.7H₂O). O biomordente e os mordentes foram utilizados nas massas 0,06g, 0,09g e 0,12g. Também foi testada a condição sem mordentes de modo a comparar os resultados e a melhor eficácia, Tabela 8.

Tabela 8 - Tingimentos realizados com extrato de casca de café orgânico em diferentes condições

Condição	pH dos extratos	Biomordente e Mordentes	Massa (g)
1	5,08 (sem ajuste)	-	0
2	5,08 (sem ajuste)		0,06
3	5,08 (sem ajuste)	Caroço de abacate	0,09
4	5,08 (sem ajuste)		0,12
5	5,08 (sem ajuste)		0,06
6	5,08 (sem ajuste)	Alúmen	0,09
7	5,08 (sem ajuste)		0,12
8	5,08 (sem ajuste)		0,06
9	5,08 (sem ajuste)	Sulfato Ferroso	0,09
10	5,08 (sem ajuste)		0,12

Continua.

Conclusão. Tabela 8 - Tingimentos realizados com extrato de casca de café orgânico em diferentes condições

11	7	-	0
12	7		0,06
13	7	Caroço de abacate	0,09
14	7		0,12
15	7		0,06
16	7	Alúmen	0,09
17	7		0,12
18	7		0,06
19	7	Sulfato Ferroso	0,09
20	7		0,12
21	11	-	0
22	11		0,06
23	11	Caroço de abacate	0,09
24	11		0,12
25	11		0,06
26	11	Alúmen	0,09
27	11		0,12
28	11		0,06
29	11	Sulfato Ferroso	0,09
30	11		0,12

Fonte: Elaborado pela autora.

A fim de comparação, em termos de força colorística, foram realizados tingimentos apenas com o biomordente (caroço de abacate - CR) e os mordentes metálicos (alúmen - AL - e sulfato ferroso - SF). Foram testadas condições em diferentes pHs (5,08 - sem ajuste, 7 e 11) com massas de 0,06g, 0,09g e 0,12g. A base da solução utilizada foi a água deionizada e todos os tingimentos foram realizados em triplicata, Tabela 9.

Tabela 9 - Tingimentos realizados apenas com o biomordente e mordentes em água deionizada

Condição	pH da solução	Biomordente e Mordentes	Massa (g)
31	5,08 (sem ajuste)		0,06
32	5,08 (sem ajuste)	Caroço de abacate	0,09
33	5,08 (sem ajuste)		0,12
34	5,08 (sem ajuste)		0,06
35	5,08 (sem ajuste)	Alúmen	0,09
36	5,08 (sem ajuste)		0,12
37	5,08 (sem ajuste)		0,06
38	5,08 (sem ajuste)	Sulfato Ferroso	0,09
39	5,08 (sem ajuste)		0,12
40	7		0,06
41	7	Caroço de abacate	0,09
42	7		0,12
43	7		0,06
44	7	Alúmen	0,09
45	7		0,12
46	7		0,06
47	7	Sulfato Ferroso	0,09
48	7		0,12
49	11		0,06
50	11	Caroço de abacate	0,09
51	11		0,12
52	11		0,06
53	11	Alúmen	0,09
54	11		0,12
55	11		0,06
56	11	Sulfato Ferroso	0,09
57	11		0,12

Fonte: Elaborado pela autora.

Também foi realizado um tingimento na condição de concentração do corante de 2%, 3% e 5% apenas com o biomordente do caroço de abacate (CR) com 0,06g no pH 7, Tabela 10.

Tabela 10 - Tingimentos realizados com corante nas concentrações de 2%, 3% e 5%

Condição	pH do extrato	Corante	Biomordente	Massa (g)
58	7	2%	Caroço de abacate	0,06
59	7	3%	Caroço de abacate	0,06
60	7	5%	Caroço de abacate	0,06

Fonte: Elaborado pela autora.

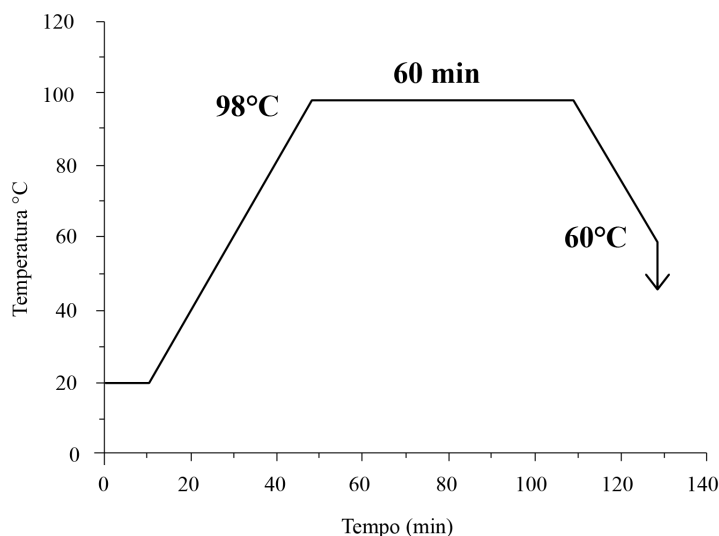
Os tingimentos foram realizados no equipamento Mathis HT ALT-I (Figura 28), programados de acordo com uma curva de tingimento (Figura 29), adaptada de Bechtold et al. (2003). Os experimentos foram realizados a temperatura de 98 °C e tempo 60 min.

Figura 28 - Equipamento Mathis HT ALT-I



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 29 - Curva de tingimento



Fonte: Adaptado de Bechtold et al. (2003).

4.3.5 Análise colorimétrica das amostras tingidas com extratos liofilizados da casca de café orgânico e do caroço de abacate

As amostras de algodão orgânico tingidas foram mensuradas quanto a cor utilizando um espectrofotômetro Konica Minolta cm-2600d, disponível no Laboratório de Química Têxtil da EACH/USP. Para análise foi utilizado o sistema CIEL*a*b*, utilizando o iluminante D65 com ângulo do observador de 10°, com medida de reflexão especular inclusa e filtro UV. As coordenadas foram mensuradas e seus respectivos deltas (ΔE^*) e forças colorísticas (K/S). A força colorística (K/S) foi calculada pela equação 4, denominada equação de Kubelka-Munk (LEE et al., 2017).

$$K/S = (1 - R)^2 / 2R = Ac \quad (4)$$

Em que:

K/S = relação do coeficiente de absorção (K) com o coeficiente de dispersão (S);

A = fator de proporcionalidade;

c = concentração do corante; e

R = valor de reflectância superficial da amostra em um determinado comprimento de onda.

4.6.2 Seleção das amostras para os ensaios de solidez da cor

Baseado nos resultados de força colorística foram selecionadas as amostras que utilizaram o biomordente e os mordentes metálicos com concentração de massa 0,06g para os ensaios de solidez.

4.3.6 Ensaios de solidez da cor

As amostras de algodão orgânico tingidas foram submetidas aos ensaios de solidez da cor, realizados conforme as normas da *International Organization for Standardization* (ISO), para todos os ensaios foram utilizados 72 corpos de prova de 100 x 40 mm.

4.3.6.1 Solidez da cor ao suor ácido e alcalino.

O ensaio de solidez da cor ao suor ácido e alcalino foi realizado em atmosfera padrão de ensaio de (65 ± 4) %U.R. e (20 ± 2) °C baseado nas normas ABNT NBR ISO 139:2008; ISO 105-E04:2013. Para realizar o mesmo, as amostras foram condicionadas em uma atmosfera padrão por 24 horas. Simultaneamente foram preparadas duas soluções para simular o suor ácido e alcalino.

A primeira consiste em 0,5 g de monoclórohidrato de L-histidina ($C_6H_9O_2N_3.HCl.H_2O$); 5,0 g de cloreto de sódio (NaCl) e 2,2 g de ortofosfato monossódico dihidratado ($NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$) por litro, ajustando o pH para $pH 5,5 \pm 0,2$ com uma solução a 0,1 mol/L (4g/L). Já a segunda, 0,5 g de monoclórohidrato de L-histidina ($C_6H_9O_2N_3.HCl.H_2O$); 5,0 g de cloreto de sódio (NaCl) e 2,5 g de ortofosfato dissódico dihidratado ($Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$), ajustando o pH para $pH 8,0 \pm 0,2$ com uma solução a 0,1 mol/L (4,0 g/L) de hidróxido de sódio (NaOH).

Os corpos de prova foram costurados à mão com linha 100% de algodão sem branco óptico em do tecido-testemunha multifibras DW. As amostras de tecido tingido e testemunha foram colocadas em béqueres de 500 mL e adicionadas as soluções ácida e alcalina na proporção de 1:50 em relação à massa seca dos corpos de prova, permanecendo imersos por 30 minutos. Após esse período, o excesso das soluções foram eliminadas até que os corpos de prova atingissem uma massa até 2,0 ou 2,5 vezes em relação a sua massa seca.

Os corpos de prova foram colocados entre duas placas de acrílico, deixando-os sem dobras, e colocadas no perspirômetro com uma pressão de 12,5 kPa. O perspirômetro foi colocado na estufa com circulação forçada de ar, marca Carbolite a 37 ° C por 4 horas. Após esse período as amostras foram retiradas, lavadas e secas ambiente com atmosfera padrão de

ensaio de (65 ± 4) %U.R. e (20 ± 2) °C por mais 4 horas, finalizado esse período os perspirômetros foram abertos e cada corpo de prova foi colocado em cima de vidros de relógio e deixados secar por 24 horas para então serem analisados.

4.3.6.2 Solidez da cor à lavagem

O ensaio de solidez da cor à lavagem doméstica e comercial foi realizado segundo a norma ISO 105-C06:2010 no tipo A1S preparando uma solução de lavagem de água deionizada de 2,5 L com 10g de detergente padrão ISO ECE sem branqueador óptico e com fosfato.

Os corpos de prova foram costurados à mão com linha 100% de algodão sem branco óptico em doze exemplares de mesmo tamanho do tecido-testemunha multifibras DW. Individualmente foram colocados em oito canecas de aço inoxidável contendo cada uma: 10 esferas de aço inoxidável de dimensão aproximada de 6 mm e 150 mL da solução de detergente. As canecas foram colocadas no equipamento marca Polymat Ahiba durante 30min à 40 °C. Posteriormente os corpos de prova foram retirados e lavados duas vezes em 100 mL de água deionizada a 40 °C por um minuto e levados para um ambiente em atmosfera padrão de ensaio de (65 ± 4) %U.R. e (20 ± 2) °C para secarem por 24 horas e então serem analisados.

4.3.6.3 Solidez da cor à luz UV

O ensaio de solidez da cor à luz ultravioleta foi realizado consoante a norma ISO 105-B02:1994 utilizando o método 1 para a exposição e ciclo de exposição A1, onde os corpos de prova são expostos em conjunto com os padrões azuis de tecidos de lã de referência. O equipamento utilizado foi o Xenon Weather, modelo ATLAS Ci4000 da Ometer com temperatura do padrão preto de 47 ± 3 °C, umidade efetiva de aproximadamente 40% e a irradiância de $1,10 \pm 0,02$ W/m²·nm no comprimento de onda de 320 nm.

Os corpos de prova e os tecidos referência foram colocados em um suporte de metal e cobertos dois terços da face com uma máscara de metal, de modo que apenas um terço da face ficasse exposto à luz UV.

4.3.6.4 Avaliação visual dos ensaios de solidez da cor

Para a avaliação dos corpos de prova submetidos aos ensaios de solidez da cor ao suor ácido e alcalino e à lavagem, foram utilizadas as normas de alteração de cor, ISO 105-A02:1993, e de transferência de cor, ISO 105-A03:1993.

As análises ocorrem por meio de comparação dos corpos de prova utilizando a escala de cinza para classificar a alteração de cor, e uma amostra de tecido-testemunha multifibras DW juntamente à escala branco para classificar a transferência de cor. Atribuindo assim notas conforme o grau de solidez, podendo ser 5, 4-5, 4, 3-4, 3, 2-3, 2, 2-1 e 1. A nota cinco equivale a nenhuma alteração/transfêrência da cor e 1 à excessiva alteração/transfêrência da cor.

No ensaio de solidez à luz UV, os corpos de prova foram avaliados com base nos tecidos azuis de referência 1 a 8, sendo 1 solidez muito baixa e 8, muito elevada. Quando estes alcançam a nota 3 pela escala cinza de alteração de cor, o ensaio é considerado finalizado.

Todas as avaliações foram realizadas por três avaliadores em cabine de luz GTI Color Matcher, com iluminante D65 e ângulo do observador de 45°. As notas finais foram calculadas pela média das avaliações.

4.3.7 Planejamento experimental e análise estatística

O planejamento experimental foi realizado usando o software Statistica 13.5.0.17 e um modelo fatorial 2² com fase centrada para cada um dos mordentes e biomordente utilizados extrato liofilizado do caroço de abacate, alumínio e sulfato ferroso. Foi definido a força colorística (K/S) como a variável dependente e o pH e quantidade de mordente como as variáveis independentes, ponto máximo, mínimo e central em triplicata, Tabela 11, obtendo um total de 10 experimentos, Tabela 12.

Tabela 11 - Planejamento fatorial

	pH (x)		Quantidades de biomordente e mordentes (g) (y)			
	-1	0	1	-1	0	1
	5,08	7	11	0,06	0,09	0,12

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 12 - Planejamento fatorial dos tingimentos com biomordente de caroço de abacate e mordentes metálicos alúmen e sulfato ferroso

Experimentos	pH dos extratos	Quantidades
1	5,08	0,06
2	5,08	0,12
3	11	0,06
4	11	0,12
5	5,08	0,09
6	11	0,09
7	7	0,06
8	7	0,12
9	7	0,09
10	7	0,09

Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados dos experimentos de tingimento de casca de café com mordentes metálicos (alúmen e sulfato ferroso) e biomordentes (caroço de abacate) foram avaliados por análise de variância (ANOVA) com intervalo de confiança de 95%, seguido de comparações múltiplas das médias, pelo teste de Tukey. As análises foram realizadas usando o software Statistica 13.5.0.17.

Experimentos realizados no laboratório de Pesquisa em Têxteis Técnicos da USP (LPTT/USP).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA MALHA DE ALGODÃO ORGÂNICO

5.1.1 Determinação da composição da fibra da malha de algodão orgânico

A análise de composição das fibras têxteis mostrou que o tecido analisado é 100% algodão, Tabela 13.

Tabela 13 - Determinação da composição da fibra de algodão orgânico

Ensaio	Resultados	
Comportamento da fibra ao calor e à chama	Próximo à chama	Não funde/ Queima sem fusão
	Fora da chama	Continua a queimar sem fusão
	Cinzas produzidas	Sem pérolas
	Cheiro durante a queima	Odor de papel queimado
Solubilidade e reação	Solúvel em	Ácido sulfúrico 70%
Ponto de fusão	Decompõem-se a 250° – 300°C	
Conclusão	100% Algodão	

Fonte: Elaborado pela autora.

5.1.2 Massa por unidade de área

A Tabela 14 mostra os resultados referentes à gramatura do tecido de malha de algodão orgânico analisado.

Tabela 14 - Gramatura do tecido de malha de algodão orgânico

Corpos de prova	Média Aritmética (g/m ²)	Incerteza
5	155,34	± 1,176

Fonte: Elaborado pela autora.

5.1.3 Determinação da espessura do tecido

A Tabela 15 mostra os resultados referentes à espessura do tecido de malha de algodão orgânico analisado.

Tabela 15 - Espessura do tecido de malha de algodão orgânico

Corpos de prova	Média Aritmética (mm)	Incerteza	Coefficiente de variação (%)
10	0,50680	$2,248 \times 10^{-2}$	0,03142

Fonte: Elaborado pela autora.

5.1.4 Determinação da densidade do tecido

A Tabela 16 mostra os resultados obtidos por meio do ensaio de determinação da densidade do tecido analisado.

Tabela 16 - Densidade do tecido de malha de algodão orgânico

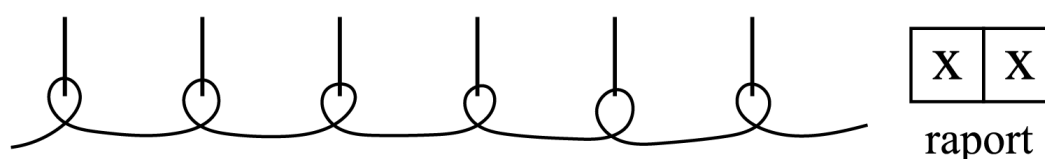
Sentido	Corpos de prova	Média aritmética (fios/cm)	Incerteza
Trama	5	32,20	$\pm 1,36$
Urdume	5	25,20	$\pm 3,09$

Fonte: elaborado pela autora.

5.1.5 Determinação de padronagens de tramas das malhas

O tecido foi classificado como de Jersey simples ou meia malha, a classificação consiste em um ligamento obtido em máquinas retilíneas e/ou circulares, com uma só frente de tecimento, dito monofrontura, em que há o entrelaçamento das malhas no sentido transversal do tecido em um ou mais fios se alimentam, ao mesmo tempo, todas as agulhas dispostas em placas de maneira reta ou circular, Figura 30.

Figura 30 - Padronagem obtida na determinação das tramas das malhas



Fonte: elaborado pela autora.

5.1.6 Permeabilidade ao ar de superfícies têxteis

A Tabela 17 mostra os resultados referentes ao ensaio de determinação da permeabilidade ao ar do tecido analisado.

Tabela 17 - Determinação da permeabilidade ao ar do tecido de malha de algodão orgânico

Corpos de prova	Média aritmética (L/m ² /s)	Incerteza
10	379,2	3,91582 x 10 ⁺¹

Fonte: elaborado pela autora.

5.1.7 Determinação do índice de brancura do tecido

Os resultados referentes ao ensaio de determinação do índice de brancura do tecido analisado encontram-se na Tabela 18.

Tabela 18 - Determinação do índice de brancura da malha de algodão orgânico

L*	a*	b*	WIE313 [D65/10]
95,41	-0,34	5,07	79,44

Fonte: elaborado pela autora.

5.2 RENDIMENTOS

5.2.1 Secagem e moagem da casca de café orgânico e do caroço de abacate

As cascas de café foram pesadas úmidas, após secagem e após moagem apresentando o rendimento de 75%, conforme Tabela 19.

Tabela 19 - Rendimento da casca de café orgânico após secagem e moagem

	Massa úmida (g)	Massa após secagem (g)	Massa após moagem (g)	Rendimento (%)
Cascas de café orgânico	7600	7200	5400	75

Fonte: Elaborado pela autora.

Os caroços de abacate foram pesados úmidos, após secagem e após moagem apresentando o rendimento de 78,37%, conforme Tabela 20.

Tabela 20 - Rendimento do caroço de abacate após secagem e moagem

	Massa úmida (g)	Massa após secagem (g)	Massa após moagem (g)	Rendimento (%)
Caroço de abacate	438,56	97,50	76,42	78,37

Fonte: Elaborado pela autora.

5.2.2 Granulometria dos materiais moídos

As massas obtidas em cada peneira para a casca de café e caroço podem ser verificadas nas Tabelas 21 e 22. O diâmetro médio dos grãos de casaca de café é $0,162 \pm 0,093$ mm e caroço de abacate de $0,470 \pm 0,230$ mm.

Tabela 21 - Granulometria da casca de café orgânico após o processo de moagem

Massa (g)	Abertura da peneira em Mesh	Abertura da peneira em mm	Quantidade %
Inicial = 5400	-	-	100
359,04	16	1,00	6,64
804,62	24	0,710	14,90
848,50	42	0,355	15,71
301,78	80	0,177	5,58
380,32	170	0,088	7,04
502,47	+170	menor que 0,088	9,30
Final = 3196,73	-	-	59,19
Perdas = 2203,27	-	-	40,80

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 22 - Granulometria do caroço de abacate após o processo de moagem

Massa (g)	Abertura da peneira em Mesh	Abertura da peneira em mm	Quantidade %
Inicial = 76,42	-	-	100
1,63	16	1,00	2,13
10,71	24	0,710	14,01
31,90	42	0,355	41,74
13,82	80	0,177	18,08
5,32	170	0,088	6,96
6,93	+170	menor que 0,088	9,06
Final = 70,31	-	-	92,00
Perdas = 6,11	-	-	7,99

Fonte: Elaborado pela autora.

5.2.3 Extração e liofilização da casca de café orgânico e do caroço de abacate

A extração foi conduzida utilizando uma massa de 200 g de casca de café orgânico, para um volume total de 3000 mL de água deionizada, obtendo no final 2500 mL de extrato aquoso e com isso, foi obtido um rendimento de 83,33%. Para o extrato do caroço de abacate foram utilizadas 70 g de caroço e um volume total de 1050 mL de água deionizada, obtendo 900 mL de extrato aquoso e um rendimento de 85,71%.

Os extratos foram liofilizados e as massas obtidas foram 105,39 g para a casca de café orgânico com rendimento de 52,69% e 16,48 g para o caroço do abacate com rendimento de 23,54%.

A liofilização proporciona a estabilidade física e química do extrato, convertendo o extrato em pó, eliminando assim o risco de proliferação de fungos e proporcionando um aumento de área de contato entre o material e o solvente (SAXENA; RAJA, 2014).

5.3 CARACTERIZAÇÃO DOS EXTRATOS DA CASCA DE CAFÉ ORGÂNICO E DO CAROÇO DE ABACATE

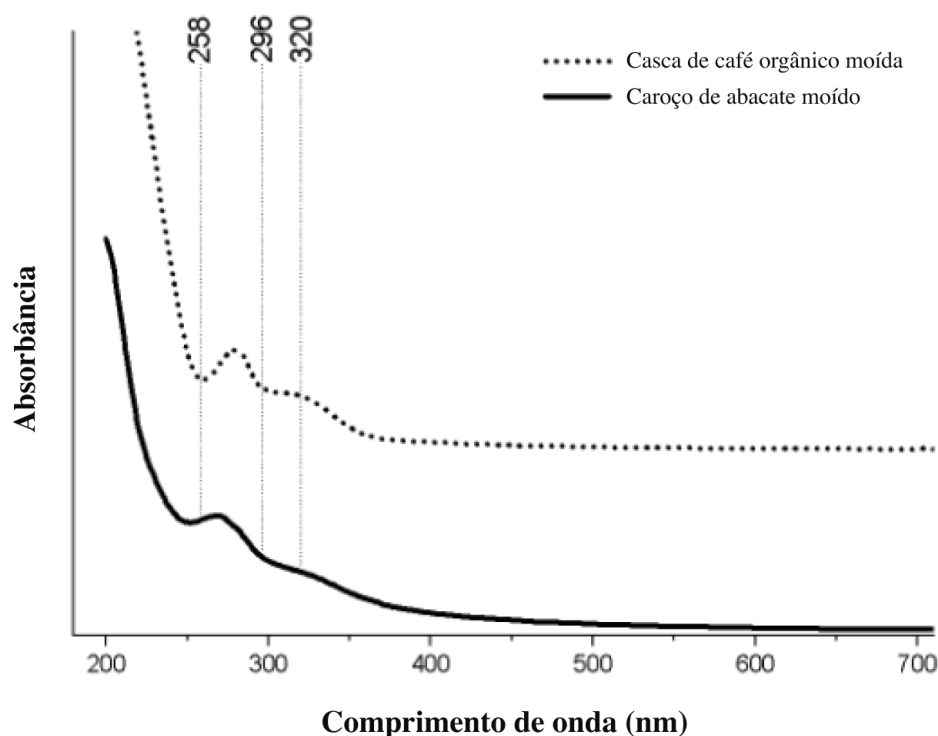
5.3.1 Determinação do pH

O pH do extrato da casca de café foi de 5,08 e o do extrato do caroço de abacate foi de 5,77. Para o tingimento foram utilizados os pHs 5,08 (sem ajuste), 7 e 11.

5.3.2 Espectroscopia no ultravioleta visível (UV-Vis)

A espectroscopia no ultravioleta visível foi realizada a fim de fornecer informações sobre a composição química das amostras por meio dos comprimentos de ondas absorvidos durante o ensaio. Os extratos foram avaliados na região do UV entre 200 e 700 nm e apresentaram bandas de absorção em 255 e 325 nm. A Figura 31 mostra os espectros obtidos para a casca de café e caroço de abacate. Segundo a literatura, Quadro 5, as bandas 250 nm a 350 nm correspondem a bandas de absorção características de taninos, compostos fenólicos e derivados do ácido cinâmico para a casca de café e caroço de abacate.

Figura 31 - UV-Vis Casca de café orgânico moída e caroço de abacate moído



Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 5 - Principais bandas encontradas nos espectros de UV-Vis para casca de café e caroço de abacate

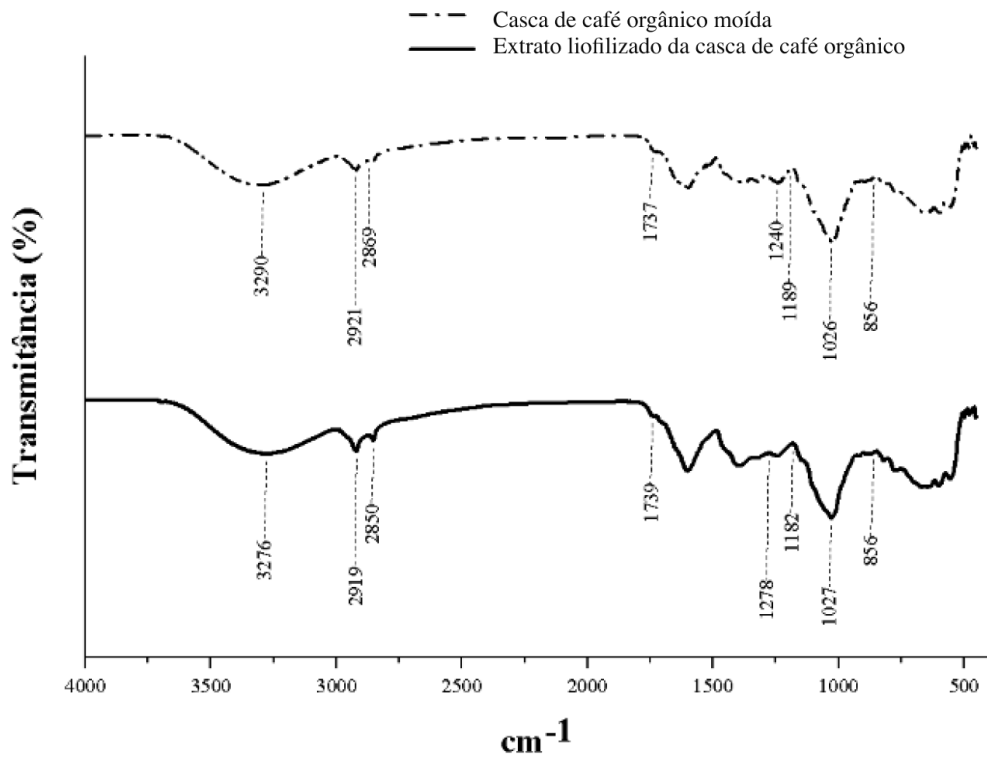
Banda nm	Atribuições	Referências
230-240	Taninos	Liman et al. (2021)
250-350	Compostos fenólicos	Lattanzio et al. (2008)
290-330	Derivados do ácido cinâmico	Lattanzio et al. (2008)

Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.3 Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR-ATR)

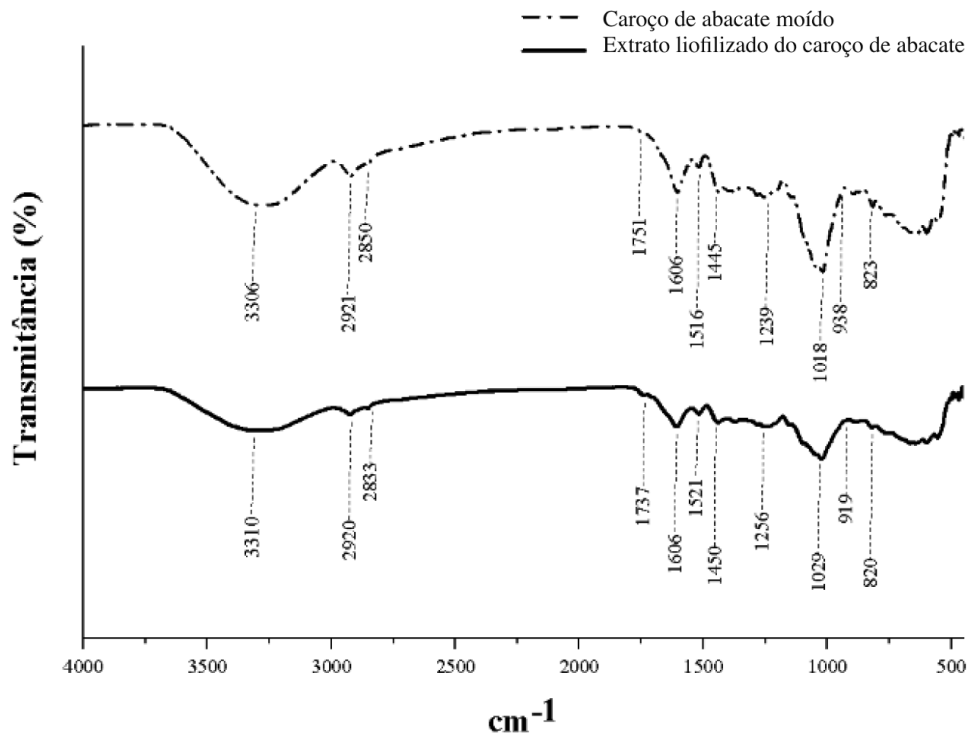
As amostras *in natura* e dos extratos liofilizados foram analisadas no espectrômetro infravermelho com transformado de Fourier de modo a obter informações preliminares quanto à caracterização química dos mesmos. Ambos materiais apresentaram as principais bandas entre 3700 a 3000 cm^{-1} que é referente a vibração de alongamento de ligações O-H; 3000 a 2800 cm^{-1} alongamento de ligações =C-H; 1770 a 1700 cm^{-1} estiramento da ligação -C=O; 2019 a 2850 cm^{-1} estiramento e vibração de NH; 1660 a 1600 cm^{-1} estiramento da ligação C=C de compostos aromáticos; 1530 a 1440 cm^{-1} vibrações da ligação do anel aromático; 1470 a 1430 cm^{-1} deformação do grupo C-H; 1331 a 800 cm^{-1} estiramento de ligações C-O e 900 a 675 cm^{-1} presença do grupo C-H, Figuras 32 e 33. No quadro 6 são apresentados os grupos funcionais característicos de compostos encontrados na composição química das matérias-primas utilizadas, segundo a literatura.

Figura 32 - FTIR-ATR da casca de café orgânico moído e do extrato liofilizado



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 33 - FTIR-ATR do caroço de abacate moído e do extrato liofilizado



Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 6 - Principais bandas de FTIR-ATR encontradas na literatura para os extratos de café e abacate

Banda (cm⁻¹)	Atribuições	Referências
3700 – 3000	Vibração de alongamento de ligações de O-H	Azevedo (2020), Correia (2016), Ricci et al. (2015), Silverstein, Webster e Kiemle (2005), Yallappa et al. (2013)
3000 – 2800	Alongamento de ligações =C-H	Azevedo (2020), Correia (2016), Krumreich (2018)
2019 – 2850	Estiramento e vibração de NH	Azevedo (2020), Correia (2016), Krumreich (2018)
1770 – 1700	Estiramento da ligação -C=O	Azevedo (2020), Correia (2016), Krumreich (2018)
1660 – 1600	Estiramento da ligação C=C de compostos aromáticos	Correia (2016), Krumreich (2018), Ricci et al. (2015)
1530 – 1440	Vibrações da ligação do anel aromático	Azevedo (2020)
1470 – 1430	Deformação do grupo C-H	Correia (2016), Krumreich (2018)
1331 – 800	Estiramento de ligações C-O	Correia (2016), Krumreich (2018), Ricci et al. (2015), Júnior et al. (2006), Silverstein, Webster e Kiemle (2005)
900 – 675	Presença do grupo C-H	Krumreich (2018), Silverstein, Webster e Kiemle (2005)

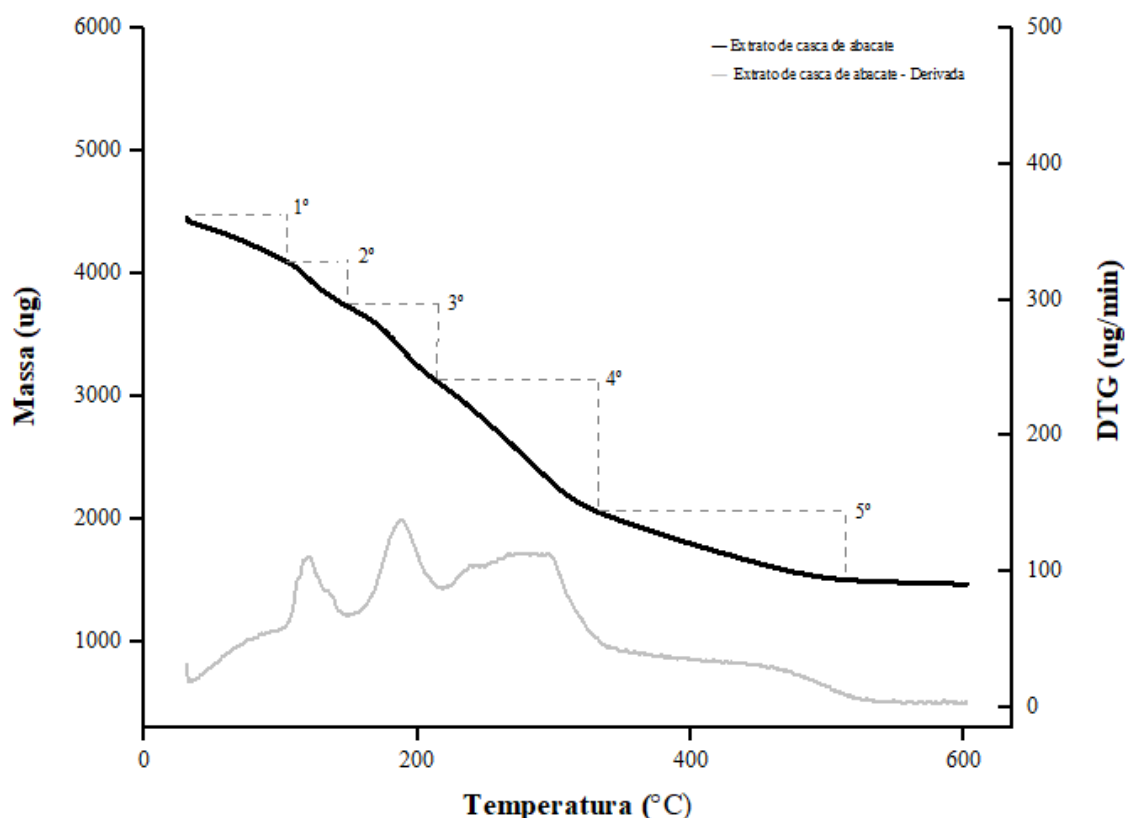
Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.4 Termogravimetria (TG)

A Figura 34 apresenta o gráfico da análise termogravimétrica do extrato liofilizado da casca de café orgânico. Foram identificados quatro eventos de perda de massa, estes são apresentados na Tabela 23. O primeiro evento ocorreu entre as temperaturas 34,41 °C a 109,18 °C e está relacionado à evaporação de água, tendo uma perda de massa de 7,16%. Conforme estudos encontrados na literatura a perda de umidade superficial ocorreu em torno dos 100 °C para materiais como as cascas de café (COELHO et al., 2021; COLLAZO-BIGLIARDI, ORTEGA-TORO, CHIRALT, 2019; LULE, WONDU, KIM, 2021). O segundo evento ocorreu na faixa de temperatura de 109,18 °C a 139,47 °C e pode estar relacionado a perda de compostos voláteis de baixa massa molar, tendo perda de massa de 4,36%. O terceiro evento ocorreu na faixa de temperatura de 139,47 °C a 218,69 °C, pode ser atribuído à decomposição

da matéria orgânica, relacionada à despolimerização e decomposição de polissacarídeos, tendo uma perda de massa de 22,47% (COELHO et al., 2021). O quarto e último evento ocorreu na faixa de temperatura de 218,69 °C a 333,72 °C, está relacionado possivelmente à degradação dos componentes restantes de celulose e lignina, com perda de massa de 33,45% (LULE, WONDU, KIM, 2021).

Figura 34 - Curva de TG do extrato liofilizado da casca de café orgânico



Fonte: Elaborado pela autora.

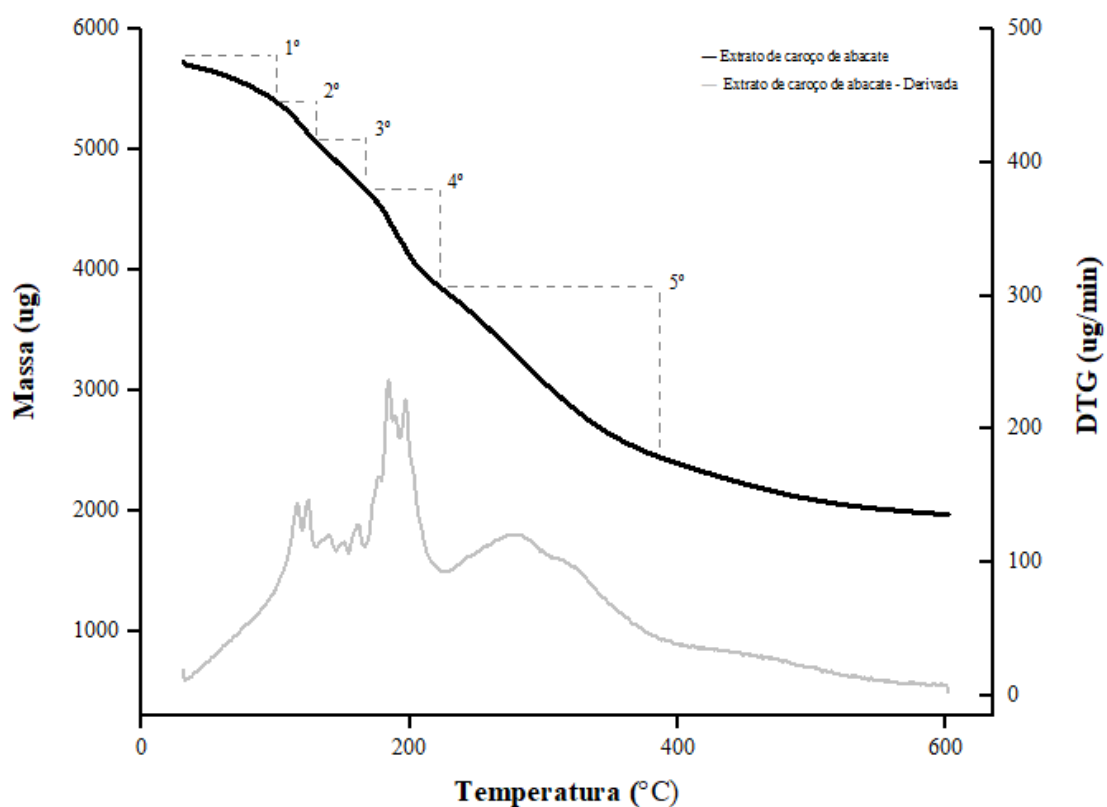
Tabela 23 - Principais eventos de perda de massa do extrato liofilizado da casca de café orgânico submetido à análise de TG

Eventos de perda de massa	T _i °C	T _f °C	Perda de massa (%)
1º	34.41	109.18	7,16
2º	109.18	139.47	4,36
3º	139.47	218.69	22,47
4º	218.69	333.72	33,45

Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 35 apresenta a análise termogravimétrica do extrato liofilizado do caroço de abacate. Foram identificados cinco eventos de perda de massa, estes são apresentados na Tabela 24. O primeiro e o segundo evento de perda de massa de 5,03% e 6,58% estão relacionados à evaporação de água e compostos voláteis muito leves com temperatura de 33,96 °C a 97,60 °C e a 129,65 °C (CASTILLO-LLAMOSAS et al., 2021; DHAOUADI et al., 2021; PANIAGUA et al., 2021). O terceiro evento ocorreu na faixa de temperatura de 129,65 °C a 166,98 °C e corresponde à decomposição da hemicelulose e da celulose, que geralmente são os componentes perdidos nesta faixa de temperatura segundo estudos da literatura (PANIAGUA et al., 2021). Este evento teve uma perda de massa de 7,70%. O quarto e quinto evento tiveram as perdas de massas mais significativas, com 17,46% e 36,41% respectivamente, nas temperaturas de 166,98 °C a 222,27 °C e de 222,27 °C a 384,94 °C. Estes eventos são conhecidos como combustão de carbono fixo e estão relacionados a decomposição da lignina. Conforme o estudo realizado por Dhaouadi et al. (2021), nessa faixa de temperatura podem ocorrer também a decomposição de fragmentos de celulose, hemicelulose e lignina.

Figura 35 - Curva de TG do extrato liofilizado do caroço de abacate



Fonte: Elaborado pela autora.

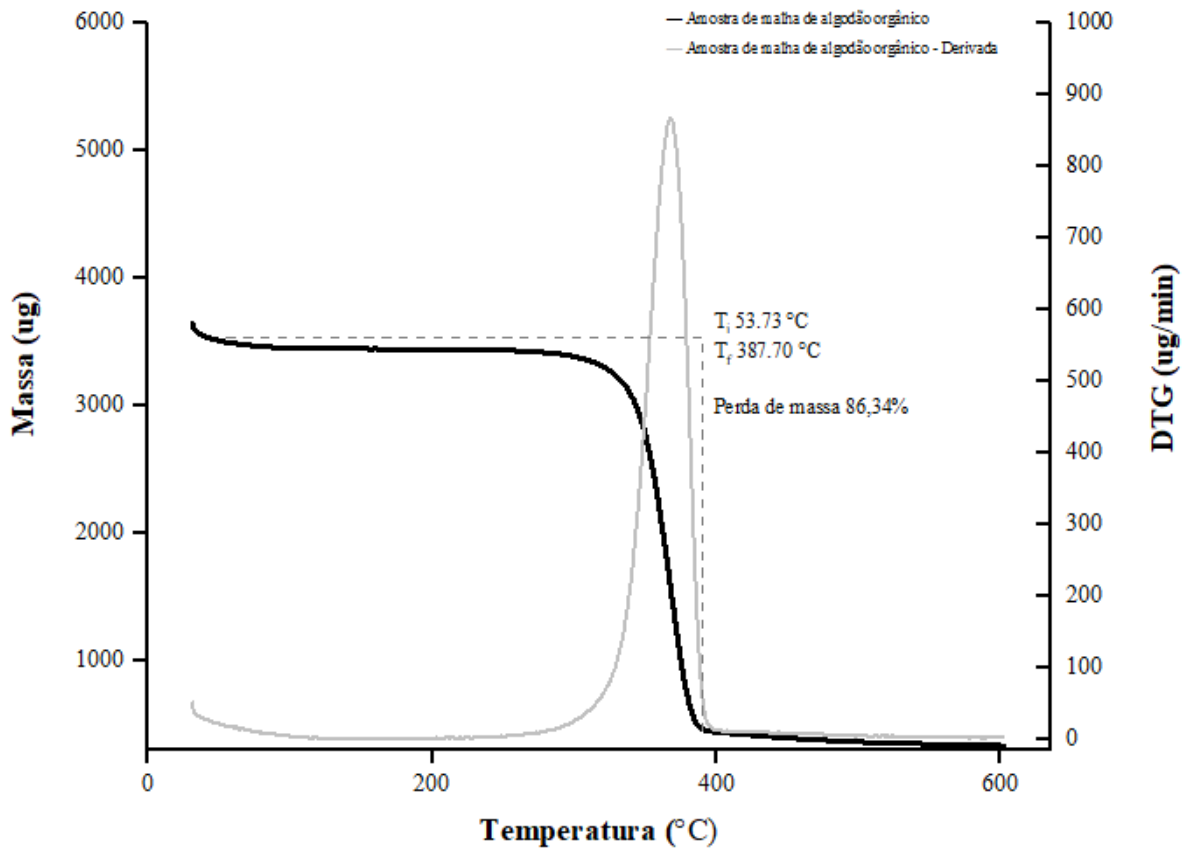
Tabela 24 - Principais eventos de perda de massa do extrato liofilizado do caroço de abacate submetido à análise de TG

Eventos de perda de massa	T_i °C	T_f °C	Perda de massa (%)
1º	33,96	97,60	5,03
2º	97,60	129,65	6,58
3º	129,65	166,98	7,70
4º	166,98	222,27	17,46
5º	222,27	384,94	36,41

Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 36 apresenta a análise termogravimétrica do tecido de malha de algodão orgânico não tingido. Foi identificado um evento de perda de massa com a temperatura inicial de 53,73 °C e a temperatura final de 387,70 °C, obtendo uma perda de massa de 86,34%. Segundo a literatura, sob uma atmosfera de nitrogênio, as fibras de algodão degradam-se em apenas uma única etapa que envolve duas reações concorrentes: desidratação de unidades de glicosil em baixa temperatura para formar carvão e despolimerização em alta temperatura para formar substâncias combustíveis (LIAO et al., 2021). O estudo de Wang et al. (2021) realizou a análise termogravimétrica do tecido de algodão obtendo resultados semelhantes, com degradação rápida entre 331–391 °C e perda de massa de 86,34%.

Figura 36 - Curva de TG do tecido de malha de algodão orgânico



Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.5 Análises de quantificação de fenóis totais, flavonoides totais, taninos hidrolisáveis e atividade antiradicalar

Na Tabela 25 é possível analisar os resultados de fenóis totais, flavonoides totais, taninos hidrolisáveis e atividade antiradicalar dos extratos liofilizados da casca de café orgânica e caroço de abacate em comparação ao Trolox. Segundo a literatura, os resultados obtidos indicam índices referentes à atividade antioxidantes (TAMAYOSE et al., 2019; OLVIERA et al., 2104).

Tabela 25 - Resultados de fenóis totais, flavonoides totais, taninos hidrolisáveis e atividade antirradicalar

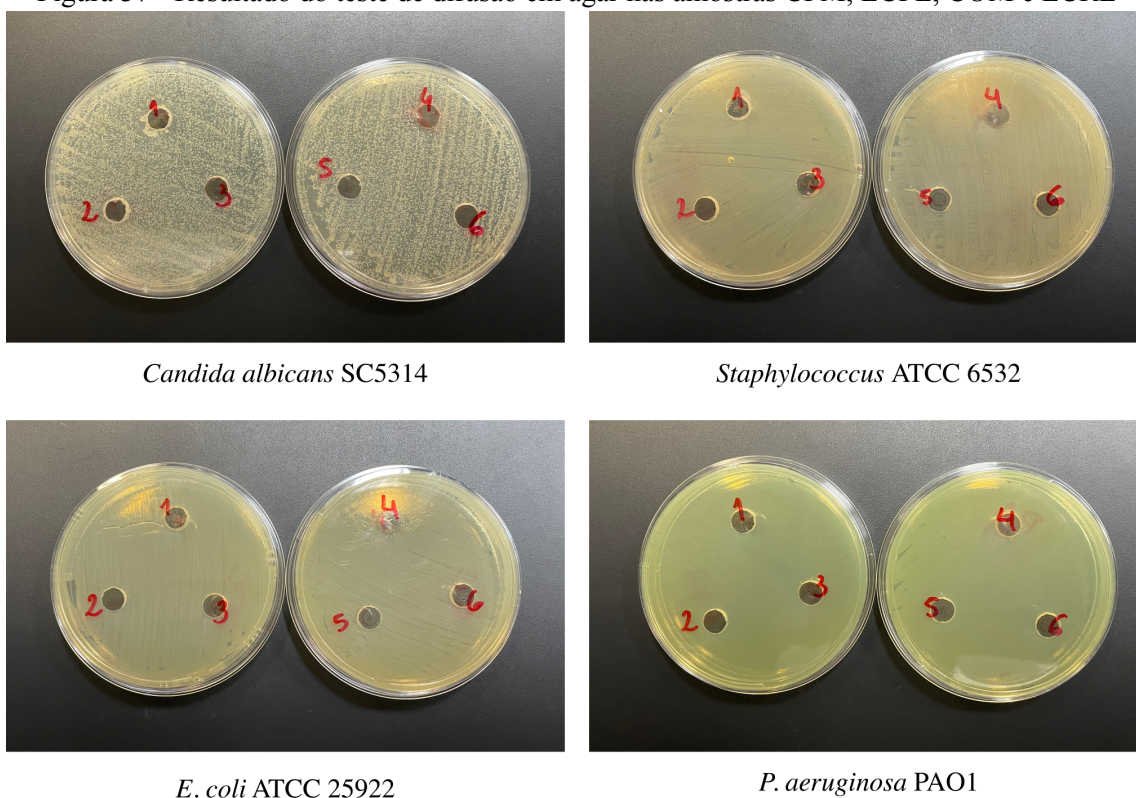
Amostras	Fenóis totais (mg_{GAE}·g_{extrato}⁻¹)	Flavonoides totais (mg_{rutina}·g_{extrato}⁻¹)	Taninos hidrolisáveis (mg_{AT}·g_{extrato}⁻¹)	Antirradicalar (DPPH) CI₅₀ (mg·L⁻¹)
Casca de Café	26,4 ± 7,0	38,5 ± 3,4	42,6 ± 2,3	22,4 ± 0,7
Caroço de abacate	242,9 ± 29,8	86,0 ± 3,1	79,0 ± 3,3	24,8 ± 2,4
Trolox	-	-	-	5,1 ± 1,2

Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.6 Atividades antimicrobianas

Os resultados obtidos não evidenciaram uma ação antimicrobiana das amostras estudadas: casca de café orgânico moído (CFM), extrato de casca de café orgânico liofilizado (ECFL), caroço de abacate moído (COM) e extrato de caroço de abacate liofilizado (ECRL). Não foi observada a inibição do crescimento microbiano para as quatro cepas testadas o fungo *Candida albicans* SC5314, e as bactérias *Staphylococcus* ATCC 6532, *Escherichia coli* ATCC 25922 e *Pseudomonas aeruginosa* PAO1, Figura 37.

Figura 37 - Resultado do teste de difusão em ágar nas amostras CFM, ECFL, COM e ECRL



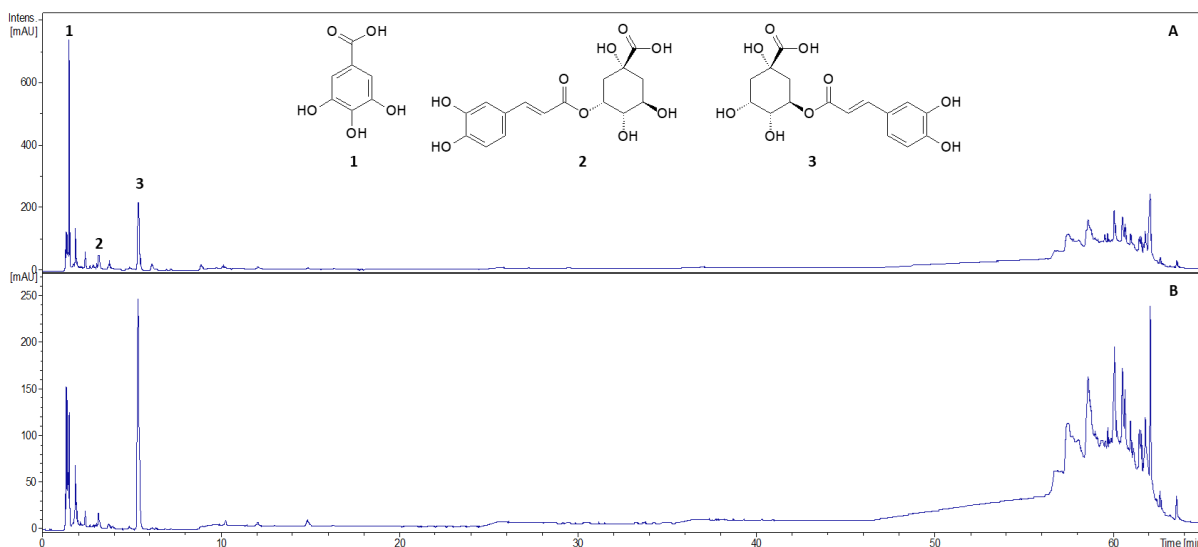
Legenda: 1) Carço de abacate *in natura* após moagem; 2) Extrato liofilizado de carço de abacate; 3) Casca de café *in natura* após moagem; 4) Extrato liofilizado de casca de café.

Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.7 Análise cromatográfica por HPLC-UV-DAD

A partir dos bancos de dados disponíveis no IB-USP, foi possível identificar compostos na análise cromatográfica, por HPLC-UV-DAD das cascas de café orgânico foram os ácidos fenólicos, do grupo C6-C1, Figura 38. Também pode-se visualizar dois picos de tempo de retenção para o carço de abacate: 2,69 min respectivo ao 3-O-cafeoilquínico e 4,21 min respectivo ao 5-O-cafeoilquínico.

Figura 38 - Análise cromatográfica por HPLC-UV-DAD dos extratos liofilizados da casca de café orgânico e do caroço de abacate



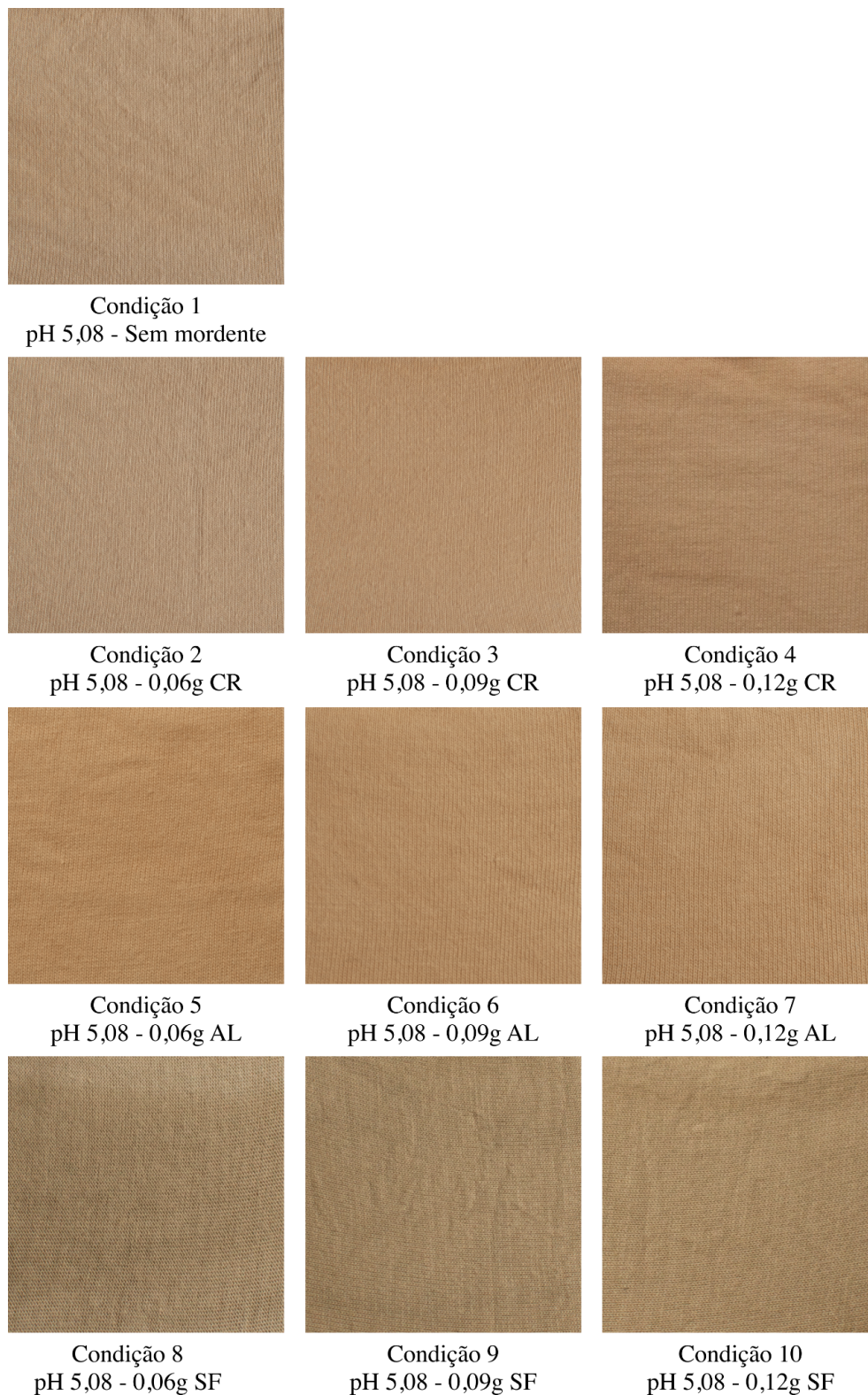
Legenda: a) Análise cromatográfica por HPLC-UV-DAD do extrato da casca de café orgânico; b) a) Análise cromatográfica por HPLC-UV-DAD do extrato do caroço de abacate

Fonte: Elaborado pela autora.

5.4 TINGIMENTOS REALIZADOS COM EXTRATOS LIOFILIZADOS DA CASCA DE CAFÉ ORGÂNICO E DO CAROÇO DE ABACATE

Os tingimentos foram realizados utilizando sessenta condições diferentes, em que foram variados o pH, mordentagem e biomordentagem (Tabelas 8, 9 e 10). O extrato liofilizado do caroço de abacate foi utilizado como biomordente a fim de auxiliar na fixação do corante na fibra e reforçar as propriedades de atividade antioxidante conforme os estudos analisados no levantamento bibliográfico do item 3.3.2. As combinações de corante e mordentes foram baseadas na literatura como Otaviano (2021) que estudou a utilização da casca de Romã, e de Silva (2018) que estudou a utilização de cascas de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville e *Croton urucurana* Baill. As cores obtidas no tingimento realizado com o pH 5,08 (sem ajuste) podem ser vistas na Figura 39. Estes apresentaram tons de marrom quando utilizado o extrato liofilizado do caroço de abacate como biomordente e o alúmen como mordente metálico, e um tom marrom mais esverdeado quando utilizado o sulfato ferroso como mordente.

Figura 39 - Amostras tingidas com extrato liofilizado de casca de café orgânico em pH 5,08 (sem ajuste)

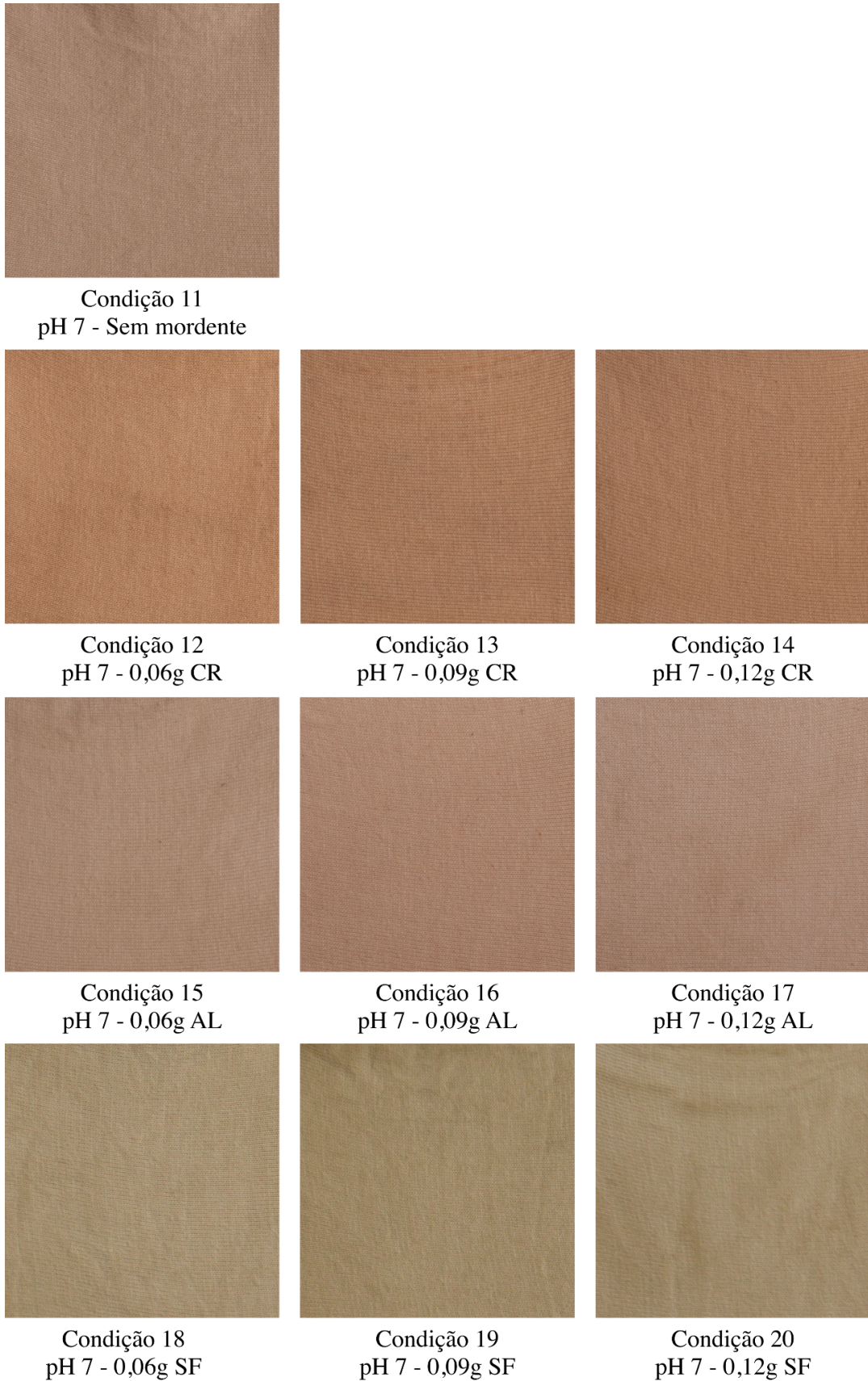


Legenda: CR = Carço de abacate; AL = Alúmen; SF = Sulfato Ferroso.

Fonte: Elaborado pela autora.

Já o tingimento com pH 7 (Figura 40) é o tingimento que apresenta uma maior variedade de cartela de cores, apresentando tons, terracota, rosado e verde.

Figura 40 - Amostras tingidas com extrato liofilizado de casca de café orgânico em pH 7

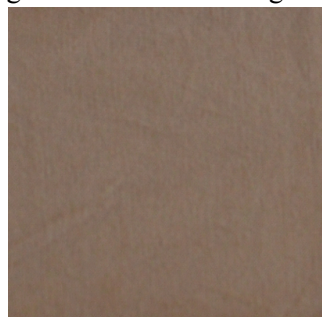


Legenda: CR = Carço de abacate; AL = Alúmen; SF = Sulfato Ferroso.

Fonte: Elaborado pela autora.

O tingimento com pH 11 (Figura 41) apresenta tonalidades bem escuras de marrons quando comparado aos tingimentos de pH 5,08 e pH 7.

Figura 41 - Amostras tingidas com extrato liofilizado de casca de café orgânico em pH 11



Condição 21
pH 11 - Sem mordente



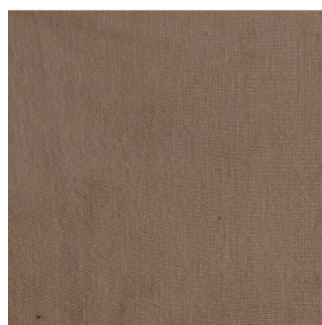
Condição 22
pH 11- 0,06g CR



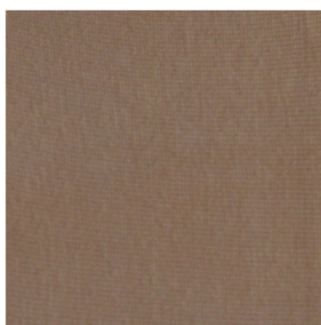
Condição 23
pH 11- 0,09g CR



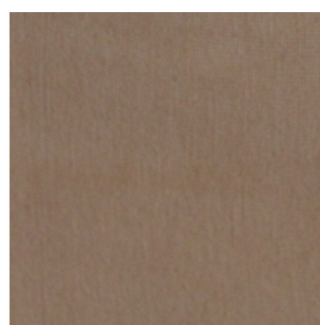
Condição 24
pH 11- 0,12g CR



Condição 25
pH 11- 0,06g AL



Condição 26
pH 11- 0,09g AL



Condição 27
pH 11- 0,12g AL



Condição 28
pH 11- 0,06g SF



Condição 29
pH 11- 0,09g SF



Condição 30
pH 11- 0,12g SF

Legenda: CR = Carço de abacate; AL = Alúmen; SF = Sulfato Ferroso.

Fonte: Elaborado pela autora.

A fim de comparação da força colorística foram realizados os ensaios de tingimentos apenas com o biomordente de caroço de abacate (CR) e os mordentes metálicos, alumínio (AL) e sulfato ferroso (SF), considerando o pH 5,08 (sem ajuste), 7 e 11, nas massas de 0,06g, 0,09g e 0,12g, Tabela 9. Nas Figuras 42, 43 e 44 pode-se observar que os tingimentos realizados com diferentes pHs apresentam de forma geral tons rosados para os tingimentos realizados com caroço de abacate, tonalidades de branco e off-white para os tingimentos realizados com alumínio, e tons alaranjados para os tingimentos realizados com sulfato ferroso.

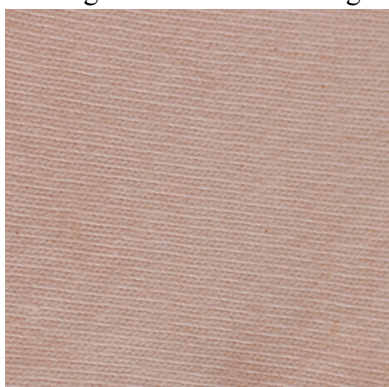
Figura 42 - Amostras tingidas com biomordente CR e mordentes metálicos AL e SF em pH 5,08 (sem ajuste)



Legenda: CR = Caroço de abacate; AL = Alumínio; SF = Sulfato Ferroso.

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 43 - Amostras tingidas com biomordente CR e mordentes metálicos AL e SF em pH 7



Condição 40
pH 7 - 0,06g CR



Condição 41
pH 7 - 0,09g CR



Condição 42
pH 7 - 0,12g CR



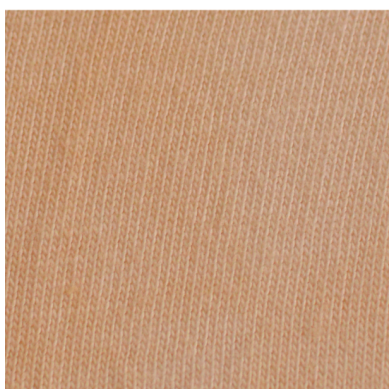
Condição 43
pH 7 - 0,06g AL



Condição 44
pH 7 - 0,09g AL



Condição 45
pH 7 - 0,12g AL



Condição 46
pH 7 - 0,06g SF



Condição 47
pH 7 - 0,09g SF



Condição 48
pH 7 - 0,12g SF

Legenda: CR = Carço de abacate; AL = Alúmen; SF = Sulfato Ferroso.

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 44 - Amostras tingidas com biomordente CR e mordentes metálicos AL e SF em pH 11

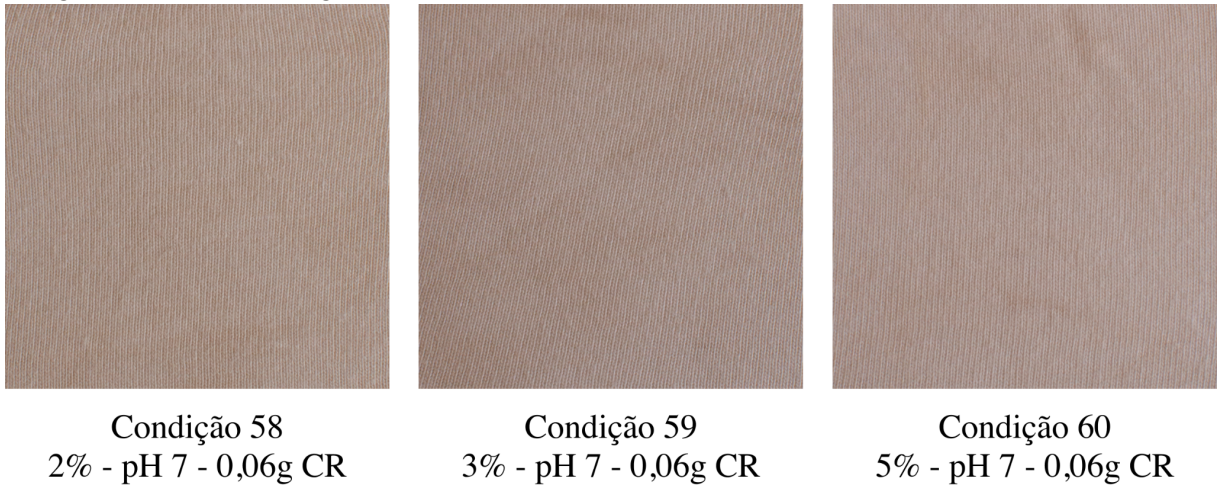


Legenda: CR = Caroço de abacate; AL = Alúmen; SF = Sulfato Ferroso.

Fonte: Elaborado pela autora.

Por último foi realizado um tingimento na condição de concentração do corante de 2%, 3% e 5% apenas com o biomordente do caroço de abacate (CR) com massa de 0,06g no pH 7, Tabela 10. Na Figura 45 pode-se visualizar os resultados dos tingimentos que apresentam de forma geral tons rosados terrosos.

Figura 45 - Amostras tingidas com diferentes concentrações do corante de café e biomordente CR



Legenda: CR = Caroço de abacate.

Fonte: Elaborado pela autora.

5.4.1 Análise colorimétrica das amostras tingidas com extratos liofilizados da casca de café orgânico e do caroço de abacate

Na condição de pH 5,08 (sem ajuste), os extratos que obtiveram as cores mais escuras foram as combinações com o mordente metálico sulfato ferroso nas quantidades de 0,09g e 0,12g com K/S de 2,8819 e 2,8370 respectivamente. Estas apresentam a maior força colorística desse grupo de experimentos. Pela coordenada a^* é possível analisar que todos os extratos possuem cor avermelhada e por b^* é possível observar que as duas primeiras variações apresentam resultados menos amareladas do que as demais condições da tabela se apresentam amareladas, Tabela 26. Na Tabela 27 é possível visualizar as médias e o desvio padrão dessa condição.

Na condição de pH 7, o extrato que obteve a cor mais escura foi a combinação com o biomordente de caroço de abacate nas quantidades de 0,06g com K/S de 3,7965. Esta apresentou a maior força colorística desse grupo de experimentos. Pela coordenada a^* é possível analisar que todos os extratos possuem cor avermelhada. E pela coordenada b^* é possível observar que os extratos também possuem tonalidades amareladas, Tabela 28. Na tabela 29 é possível visualizar as médias e o desvio padrão dessa condição.

Na condição de pH 11, os extratos que obtiveram as cores mais escuras em comparação com as demais condições, foram com o mordente metálico sulfato ferroso nas quantidades de 0,09g e 0,12g com K/S de 6,9804 e 6,7248 respectivamente. Estas são as condições que apresentam a maior força colorística desse grupo de experimentos, porém os

extratos com 0,06g e 0,09g de biomordente de caroço de abacate também apresentaram melhores resultados em termos de força colorística com 4,0799 e 4,4016 respectivamente quando comparados a um mordente metálico. Pela coordenada a^* é possível analisar que todos os extratos possuem cor avermelhada. E pela coordenada b^* é possível observar que os extratos também possuem tonalidades amareladas, Tabela 30. Na Tabela 31 é possível visualizar as médias e o desvio padrão dessa condição. Comparando os três grupos de experimentos com pH 5,08 (sem ajuste), 7 e 11 os melhores resultados de K/S são com o pH 11 utilizando o caroço de abacate e o sulfato ferroso com 0,09 g.

Quanto aos tingimentos realizados apenas com o biomordente de caroço de abacate e os mordentes metálicos, alúmen e sulfato ferroso, apresentaram uma força colorística com variação de 0,9746 a 1,9962. Para os três tingimentos em pH 5,08 (sem ajuste), 7 e 11, os melhores resultados de força colorística foram com o biomordente e mordentes com a massa de 0,09 g. Os melhores valores de K/S para o tingimento com pH 5,08 (sem ajuste) foram: caroço de abacate com K/S 1,2673; alúmen com K/S 0,9746; sulfato ferroso com K/S 1,9801 (Tabela 32). Já para o tingimento com pH 7 foram: caroço de abacate com K/S 1,7956; alúmen com K/S 0,9874; sulfato ferroso com K/S 1,8801 (Tabela 33). E para os tingimentos em pH 11 foram: caroço de abacate com K/S 1,4971; alúmen com K/S 0,9987; sulfato ferroso com K/S 1,9962 (Tabela 34). A fins de comparação, o K/S do tecido de algodão orgânico não tingido é de 0,7750.

Os tingimentos com concentrações de 2%, 3% e 5% de corante apresentaram resultados de força colorística muito similares mesmo com o aumento da concentração do corante. Sendo o valor mais baixo de K/S de 2,2524 e o mais alto de 2,2999, Tabela 35.

Tabela 26 - Leitura colorimétrica no espaço CIELAB referente ao tingimento em triplicata do extrato liofilizado da casca de café orgânico no pH 5,08 (sem ajuste)

pH	Mor-dente	Massa (g)	Cor														
			L*			a*			b*			ΔE*			K/S (400nm)		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
5,08	-	0	80,69	82,04	82,01	3,83	3,84	3,42	-0,74	-2,59	-0,35	21,55	19,29	21,32	1,5821	1,4341	1,673
	CR	0,06	79,23	79,17	75,88	3,22	3,38	3,54	-1,12	-0,86	-0,08	21,97	22,21	24,72	1,5611	1,5798	1,5798
		0,09	77,53	76,8	76,42	3,74	3,61	3,66	-0,20	2,07	3,15	23,66	25,95	27,07	1,918	1,8663	1,7826
		0,12	76,89	75,49	76,24	3,59	3,82	4,06	1,57	2,25	4,26	25,49	26,83	28,11	1,7373	1,7041	1,9638
		0,06	70,26	72,76	73,2	3,24	3,24	3,02	9,14	9,14	7,94	35,48	33,89	32,85	1,9638	1,8009	1,8456
	AL	0,09	72,79	72,51	70,76	2,99	2,81	3,13	7,96	7,73	8,01	33,09	33,06	34,28	1,8209	1,8456	1,8383
		0,12	72,14	72,13	74,79	3,15	3,22	4,21	9,11	9,54	10,22	34,4	34,77	34,98	2,0329	1,9446	2,0329
		0,06	63,62	64,28	61,98	1,29	1,05	1,11	5,76	5,78	5,84	27,88	27,51	28,97	2,3825	2,3135	2,3761
	SF	0,09	64,85	65,1	66,07	1,05	1,22	1,12	6,85	6,71	7,27	28,06	27,79	27,75	2,8819	2,8148	2,8287
		0,12	58,87	63,45	66,99	1,31	1,05	0,83	8,65	7,27	7,19	33,10	29,15	27,17	2,8415	2,8370	2,8636

Legenda: CR = Carvão de abacate; AL = Alúmen; SF = Sulfato Ferroso.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 27 - Média e desvio padrão referente ao tingimento do extrato liofilizado da casca de café orgânico no pH 5,08 (sem ajuste)

pH	Mor-dente	Massa (g)	Cor									
			L*		a*		b*		ΔE*		K/S (400nm)	
			Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
5,08	-	0	81,5	0,7	3,6	0,2	-1,2	1,1	20,7	1,2	1,5	0,1
	CR	0,06	78,0	1,9	3,3	0,1	-0,6	0,5	22,9	1,5	1,5	0
		0,09	76,9	0,5	3,6	0,0	1,6	1,7	25,5	1,7	1,8	0
		0,12	76,2	0,7	3,8	0,2	2,6	1,3	26,8	1,3	1,8	0,1
		0,06	72,0	1,5	3,1	0,1	8,7	0,6	34	1,3	1,8	0
	AL	0,09	72,0	1,1	2,9	0,1	7,9	0,1	33,4	0,6	1,8	0
		0,12	73,0	1,5	3,5	0,5	9,6	0,5	34,3	0,3	2,0	0
		0,06	63,2	1,1	1,1	0,1	5,7	0	28,1	0,7	2,3	0
	SF	0,09	65,3	0,6	1,1	0	6,9	0,2	27,8	0,1	2,8	0
		0,12	63,1	4,0	1	0,2	7,6	0,8	29,8	3	2,8	0

Legenda: CR = Caroço de abacate; AL = Alúmen; SF = Sulfato Ferroso.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 28 - Leitura colorimétrica no espaço CIELAB referente ao tingimento em triplicata do extrato liofilizado da casca de café orgânico no pH 7

pH	Mor-dente	Massa (g)	Cor														
			L*			a*			b*			ΔE*			K/S (400nm)		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7	-	0	69,92	74,41	75,13	3,61	3,69	3,79	5,96	4,42	4,87	34,25	30,29	30,27	2,2439	2,2831	2,6999
	CR	0,06	70,72	69,84	67,06	6,23	6,01	7,14	11,84	11,84	14,28	38,55	39,03	42,68	3,7965	3,7524	3,7524
		0,09	66,37	66,81	66,29	6,99	7,85	7,82	12,39	15,21	14,61	41,58	43,64	43,45	3,6105	3,6667	3,6217
		0,12	70,61	69,79	69,41	6,51	7,31	7,61	10,91	11,07	12,03	37,86	38,51	39,53	3,2029	3,2998	3,2293
	AL	0,06	80,55	77,73	78,56	3,19	2,97	2,66	2,99	3,27	1,84	25,94	27,53	25,90	2,0862	2,0062	2,0178
		0,09	78,73	79,41	77,27	2,83	2,54	2,98	2,88	2,15	3,17	26,7	25,95	27,69	2,2494	2,3632	2,2851
		0,12	79,60	79,61	78,25	2,73	2,77	3,17	1,35	1,36	4,05	24,95	24,95	27,94	2,4688	2,4794	2,3031
	SF	0,06	67,31	65,83	65,82	1,91	1,88	1,75	5,32	5,41	6,31	31,85	32,97	33,61	2,0228	2,2514	2,2184
		0,09	64,79	66,45	65,36	1,88	1,78	1,89	6,73	6,01	5,66	34,63	32,96	33,47	2,4817	2,4931	2,4591
		0,12	63,47	62,79	66,14	1,74	1,93	1,85	6,07	6,53	5,19	35,13	35,94	32,59	2,5608	2,4479	2,4178

Legenda: CR = Carço de abacate; AL = Alúmen; SF = Sulfato Ferroso.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 29 - Média e desvio padrão referente ao tingimento do extrato liofilizado da casca de café orgânico no pH 7

pH	Mor-dente	Massa (g)	Cor									
			L*		a*		b*		ΔE*		K/S (400nm)	
			Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
7	-	0	73,1	2,8	3,6	0,1	5	0,7	31,6	2,2	2,4	0,2
	CR	0,06	69,2	1,9	6,4	0,5	12,6	1,4	40,0	2,2	3,7	0
		0,09	66,4	0,2	7,5	0,4	14	1,4	42,8	1,1	3,6	0
		0,12	69,9	0,6	7,1	0,5	11,3	0,6	38,6	0,8	3,2	0
		0,06	78,9	1,4	2,9	0,2	2,7	0,7	26,4	0,9	2	0
	AL	0,09	78,3	0,9	2,7	0,2	2,7	0,5	26,7	0,8	2,2	0
		0,12	79,1	0,7	2,8	0,2	2,2	1,5	25,9	1,7	2,4	0
		0,06	66,3	0,8	1,8	0	5,6	0,5	32,8	0,8	2,1	0,1
	SF	0,09	65,5	0,8	1,8	0	6,1	0,5	33,6	0,8	2,4	0
		0,12	64,1	1,7	1,8	0	5,9	0,6	34,5	1,7	2,4	0

Legenda: CR = Caroço de abacate; AL = Alúmen; SF = Sulfato Ferroso.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 30 - Leitura colorimétrica no espaço CIELAB referente ao tingimento em triplicata do extrato liofilizado da casca de café orgânico no pH 11

pH	Mor-dente	Massa (g)	Cor														
			L*			a*			b*			ΔE*			K/S (400nm)		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
11	-	0	74,25	71,87	73,89	3,82	4,25	3,75	8,71	10,38	8,99	31,24	33,89	31,66	2,8176	3,0562	2,7313
	CR	0,06	70,27	70,57	70,39	5,41	5,42	5,46	12,4	11,8	12,49	36,49	35,83	36,51	4,0799	3,9673	3,9361
		0,09	70,79	70,6	71,75	5,28	4,87	4,45	12,91	11,21	10,02	36,65	35,29	33,66	4,3887	4,0599	4,4016
		0,12	70,37	72,59	70,53	5,66	5,26	5,08	13,49	12,08	11,18	37,38	35,03	35,32	3,237	3,1039	3,4203
		0,06	72,02	72,74	73,29	3,87	3,55	3,68	11,34	9,92	9,43	34,63	33,05	32,34	2,7129	2,5348	2,5849
	AL	0,09	71,93	72,25	72,12	3,97	3,72	3,63	10,81	10,04	10,19	43,23	33,41	33,53	2,6007	2,4591	2,6743
		0,12	70,86	70,31	73,97	4,35	3,96	3,15	11,82	10,72	8,93	35,66	35,02	31,57	2,4908	2,7339	2,2932
		0,06	59,81	61,39	58,52	1,75	1,48	1,77	10,11	9,34	11,05	41,27	39,61	42,84	5,1092	5,3212	5,3056
	SF	0,09	56,88	57,47	57,87	1,55	1,62	1,54	10,79	10,54	10,23	43,89	43,28	42,78	6,3018	6,4851	6,9804
		0,12	59,08	58,86	61,43	1,46	1,48	1,34	10,37	10,19	9,41	42,05	42,03	39,64	6,2393	6,1477	6,7248

Legenda: CR = Caroço de abacate; AL = Alúmen; SF = Sulfato Ferroso.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 31 - Média e desvio padrão referente ao tingimento do extrato liofilizado da casca de café orgânico no pH 11

pH	Mor-dente	Massa (g)	Cor									
			L*		a*		b*		ΔE*		K/S (400nm)	
			Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
11	-	0	73,3	1,2	3,9	0,2	9,3	0,8	32,2	1,4	2,8	0,1
	CR	0,06	70,4	0,1	5,4	0	12,2	0,3	36,2	0,3	3,9	0
		0,09	71	0,6	4,8	0,4	11,3	1,4	35,2	1,4	4,2	0,1
		0,12	71,1	1,2	5,3	0,2	12,2	1,1	35,9	1,2	3,2	0,1
		0,06	72,6	0,6	3,7	0,1	10,2	0,9	33,3	1,1	2,6	0
	AL	0,09	72,1	0,1	3,7	0,1	10,3	0,4	36,7	5,6	2,5	0,1
		0,12	71,7	1,9	3,8	0,6	10,4	1,4	34	2,2	2,5	0,2
		0,06	59,9	1,4	1,6	0,1	10,1	0,8	41,2	1,6	5,2	0,1
	SF	0,09	57,4	0,4	1,5	0	10,5	0,2	43,3	0,5	6,5	0,3
		0,12	59,7	1,4	1,4	0	9,9	0,5	41,2	1,3	6,3	0,3

Legenda: CR = Caroço de abacate; AL = Alúmen; SF = Sulfato Ferroso.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 32 - Leitura colorimétrica no espaço CIELAB referente ao tingimento realizado em duplicata de mordentes com pH 5,08 (sem ajuste)

pH	Mordente	Massa (g)	Cor									
			L*		a*		b*		ΔE*		K/S (400nm)	
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
5,08	CR	0,06	77,74	77,53	8,15	8,27	8,64	8,79	12,76	12,89	1,0418	1,0389
		0,09	78,02	79,23	6,61	6,44	1,11	1,19	15,79	15,41	1,1587	1,2673
		0,12	79,15	79,17	6,70	6,75	1,53	1,47	15,92	16,01	1,1819	1,1436
	AL	0,06	87,21	89,23	0,82	0,75	-10,57	-10,41	5,99	5,87	0,9341	0,9474
		0,09	88,19	88,21	0,49	0,57	-10,88	-10,78	6,77	6,99	0,9531	0,9746
		0,12	85,79	86,19	1,81	1,64	-6,10	-6,04	8,26	8,01	0,9381	0,9143
	SF	0,06	77,67	77,43	5,59	5,89	17,59	17,44	31,66	31,73	1,9327	1,9451
		0,09	77,52	77,98	5,41	5,22	17,55	17,63	31,64	31,89	1,9631	1,9801
		0,12	74,36	74,31	6,32	6,49	20,43	20,81	35,15	35,44	1,9372	1,9431

Legenda: CR = Carço de abacate; AL = Alúmen; SF = Sulfato Ferroso.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 33 - Leitura colorimétrica no espaço CIELAB referente ao tingimento realizado em duplicata de mordentes com pH 7

pH	Mordente	Massa (g)	Cor									
			L*		a*		b*		ΔE*		K/S (400nm)	
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
7	CR	0,06	79,30	79,41	5,72	5,91	-3,11	-3,13	21,88	22,87	1,2436	1,4819
		0,09	77,52	77,89	6,13	6,23	-3,31	-3,27	22,87	22,98	1,7956	1,3796
		0,12	78,41	78,31	6,01	6,50	-3,41	-3,55	24,95	27,94	1,4897	1,3533
	AL	0,06	89,05	89,17	3,83	3,19	-6,78	-6,89	16,94	17,89	0,9143	0,9143
		0,09	89,58	89,43	3,26	3,98	-8,44	-8,49	14,91	15,76	0,9874	0,9962
		0,12	89,68	89,18	3,71	3,99	-5,97	-5,83	13,87	14,49	0,9247	0,9175
	SF	0,06	81,75	81,12	6,83	6,99	2,72	2,99	25,77	25,95	1,4035	1,5953
		0,09	72,51	72,45	6,49	6,89	6,53	6,89	27,69	27,94	1,8801	1,8796
		0,12	72,99	72,73	6,79	6,39	6,99	6,99	27,95	27,94	1,7378	1,6431

Legenda: CR = Carço de abacate; AL = Alúmen; SF = Sulfato Ferroso.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 34 - Leitura colorimétrica no espaço CIELAB referente ao tingimento realizado em duplicata de mordentes com pH 11

pH	Mordente	Massa (g)	Cor									
			L*		a*		b*		ΔE*		K/S (400nm)	
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
11	CR	0,06	66,64	66,41	9,75	9,43	8,76	8,71	39,44	33,89	1,3187	1,2785
		0,09	68,31	68,27	9,92	8,93	8,99	8,18	36,65	39,75	1,4795	1,4801
		0,12	69,57	69,91	9,34	9,42	8,34	8,93	37,38	37,41	1,4136	1,4971
	AL	0,06	80,54	80,51	2,63	2,87	-5,83	-5,97	14,37	14,49	0,9971	0,9935
		0,09	81,45	81,37	3,41	3,89	-6,49	-6,89	15,76	15,81	0,9984	0,9987
		0,12	81,89	81,94	3,95	3,61	-6,75	-6,41	17,85	17,84	0,9902	0,9953
	SF	0,06	63,29	57,87	16,28	17,91	7,87	7,91	27,45	27,91	1,9735	1,9855
		0,09	58,52	58,88	15,23	15,11	7,53	7,46	27,33	27,87	1,9841	1,9962
		0,12	64,75	61,39	15,79	15,37	7,43	7,79	27,37	27,46	1,9945	1,9835

Legenda: CR = Carço de abacate; AL = Alúmen; SF = Sulfato Ferroso.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 35 - Leitura colorimétrica no espaço CIELAB referente ao tingimento realizado em triplicata com extrato liofilizado da casca de café orgânico no pH 7 e biomordente de caroço de abacate com massa de 0,06g

pH	Mor-dente 0,06g	Coran- te (%)	Cor														
			L*			a*			b*			ΔE*			K/S (400nm)		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7	CR	2	80,69	80,41	80,03	3,61	3,69	3,79	4,96	4,42	5,87	33,33	30,87	30,42	2,2743	2,2812	2,2792
		3	79,72	79,84	77,06	3,79	4,01	4,14	6,79	5,96	6,81	38,55	33,12	30,27	2,2965	2,2524	2,2524
		5	76,42	76,91	76,74	4,71	3,49	4,07	5,93	6,51	6,83	30,29	38,91	33,81	2,2831	2,2999	2,2439

Legenda: CR = Caroço de abacate.

Fonte: Elaborado pela autora.

5.4.2 Seleção das amostras para os ensaios de solidez da cor

As amostras que apresentaram melhores resultados de força colorística utilizando o biomordente e mordentes com massa de 0,06g segundo as Tabelas 26, 28, 30, 32, 33, 34 e 35 foram selecionadas para avaliação de solidez itens 5.4.3.1; 5.4.3.2 e 5.4.3.3.

Amostras selecionadas para o tingimento de corantes com biomordente e mordentes:

- Condição 1 = Extrato de casca de café orgânico liofilizado, pH 5,08 (sem ajuste);
- Condição 2 = Extrato de casca de café orgânico liofilizado, pH 5,08 (sem ajuste), biomordente caroço de abacate com 0,06g de massa;
- Condição 5 = Extrato de casca de café orgânico liofilizado, pH 5,08 (sem ajuste), mordente alúmen com 0,06g de massa;
- Condição 8 = Extrato de casca de café orgânico liofilizado, pH 5,08 (sem ajuste), mordente sulfato ferroso com 0,06g de massa;
- Condição 11 = Extrato de casca de café orgânico liofilizado, pH 7;
- Condição 12 = Extrato de casca de café orgânico liofilizado, pH 7, biomordente caroço de abacate com 0,06g de massa;
- Condição 15 = Extrato de casca de café orgânico liofilizado, pH 7, mordente alúmen com 0,06g de massa;
- Condição 18 = Extrato de casca de café orgânico liofilizado, pH 7, mordente sulfato ferroso com 0,06g de massa;
- Condição 21 = Extrato de casca de café orgânico liofilizado, pH 11;
- Condição 22 = Extrato de casca de café orgânico liofilizado, pH 11, biomordente caroço de abacate com 0,06g de massa;
- Condição 25 = Extrato de casca de café orgânico liofilizado, pH 11, mordente alúmen com 0,06g de massa e
- Condição 28 = Extrato de casca de café orgânico liofilizado, pH 11, mordente sulfato ferroso com 0,06g de massa.

Amostras selecionadas para o tingimento apenas de biomordente e mordentes:

- Condição 31 = Biomordente caroço de abacate com 0,06g de massa, pH 5,08 (sem ajuste);
- Condição 34 = Mordente alúmen com 0,06g de massa, pH 5,08 (sem ajuste);
- Condição 37 = Mordente sulfato ferroso com 0,06g de massa, pH 5,08 (sem ajuste);

- Condição 40 = Biomordente caroço de abacate com 0,06g de massa, pH 7;
- Condição 43 = Mordente alúmen com 0,06g de massa, pH 7;
- Condição 46 = Mordente sulfato ferroso com 0,06g de massa, pH 7;
- Condição 49 = Biomordente caroço de abacate com 0,06g de massa, pH 11;
- Condição 52 = Mordente alúmen com 0,06g de massa, pH 11 e
- Condição 55 = Mordente sulfato ferroso com 0,06g de massa, pH 11.

Amostras selecionadas para o tingimento nas concentrações de 2%, 3% e 5% do corante de café:

- Condição 58 = Extrato de casca de café orgânico liofilizado em 2%, pH 7, biomordente caroço de abacate com 0,06g de massa;
- Condição 59 = Extrato de casca de café orgânico liofilizado em 3%, pH 7, biomordente caroço de abacate com 0,06g de massa e
- Condição 60 = Extrato de casca de café orgânico liofilizado em 5%, pH 7, biomordente caroço de abacate com 0,06g de massa.

5.4.3 Ensaios de cor e solidez

5.4.3.1 Tingimento de corantes com biomordente e mordentes

Conforme a Tabela 36 pode-se analisar os resultados da solidez da cor ao suor ácido, em que as condições que apresentaram a menor alteração de cor ao suor ácido foram: 15 (pH 7 - tingido com extrato de café orgânico com mordente de 0,06g de alúmen) e a 25 (pH 11 - tingido com extrato de café orgânico com mordente de 0,06g de alúmen) ambas com a nota 4 que é considerada ótima. Já quanto à transferência de cor, as condições de 1 a 8 apresentaram maior transferência de cor obtendo notas 4/5, 4 e 3, já os demais apresentaram uma média de notas entre 5 e 4/5 para o tecido multifibras.

Tabela 36 - Resultado da solidez da cor ao suor ácido

Condição	pH	Biomordente e Mordente (0,06g)	Alteração de cor	Transferência de cor					
				CA	CO	PA	PES	PAC	WO
1	5,08	-	3	4	4	4	4	4	3
2	5,08	CR	3	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4
5	5,08	AL	3	4	4	3	4	4	4
8	5,08	SF	3	4/5	4/5	4	3	4	4
11	7	-	3	5	4/5	4	5	5	4/5
12	7	CR	3/4	5	4/5	5	5	5	4/5
15	7	AL	4	4/5	4/5	5	5	5	4/5
18	7	SF	3/4	5	5	5	5	5	5
21	11	-	3	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
22	11	CR	3/4	5	4/5	5	5	5	4/5
25	11	AL	4	4/5	4/5	5	5	4/5	4/5
28	11	SF	3	5	4/5	5	5	5	5

Legenda: Biomordente e Mordentes - CR = Carço de Abacate, AL = Alúmen, SF = Sulfato Ferroso. Tecido multifibras - CA = Acetato; CO = Algodão; PA = Poliamida; PES = Poliéster; PAC = Acrílico; WO = Lã. Notas = 5 a 1, sendo nota 5 ótima e nota 1 ruim.

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Tabela 37 pode-se analisar que a condição que apresentou a menor alteração de cor ao suor alcalino foi 15 (pH 7 - tingido com extrato de café orgânico com mordente de 0,06g de alúmen) com a nota 4 que é considerada ótima. Já quanto à transferência de cor, estas apresentaram variaram as notas entre 5, 4/5, 4, 3/4 e 3.

Tabela 37 - Resultado da solidez da cor ao suor alcalino

Condição	pH	Biomordente e Mordente (0,06g)	Alteração de cor	Transferência de cor					
				CA	CO	PA	PES	PAC	WO
1	5,08	-	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	4	3
2	5,08	CR	3	3/4	3/4	3	4	3/4	3/4
5	5,08	AL	3	3	3/4	3/4	3/4	3/4	3
8	5,08	SF	3	3	3	3/4	3/4	3/4	3/4
11	7	-	4	3/4	4	3/4	4	4/5	4
12	7	CR	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
15	7	AL	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4
18	7	SF	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
21	11	-	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
22	11	CR	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4/5
25	11	AL	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
28	11	SF	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5

Legenda: Biomordente e Mordentes - CR = Carço de Abacate, AL = Alúmen, SF = Sulfato Ferroso. Tecido multifibras - CA = Acetato; CO = Algodão; PA = Poliamida; PES = Poliéster; PAC = Acrílico; WO = Lã. Notas = 5 a 1, sendo nota 5 ótima e nota 1 ruim.

Fonte: Elaborado pela autora.

As condições que demonstraram ter melhor solidez da cor à lavagem foram: 12 (pH 7 - tingido com extrato de café orgânico com biomordente de 0,06g de caroço de abacate), 22 (pH 11 - tingido com extrato de café orgânico sem utilização de mordentes) e 25 (pH 11 - tingido com extrato de café orgânico com biomordente de 0,06g de caroço de abacate) todas com nota 4 considerada ótima, alterando para 3/4 e 3 ao longo dos ciclos. Já quanto à transferência de cor, todas apresentaram uma média de notas entre 5, 4/5 e 3/4 nos ciclos 1, 2

e 3; alterando para notas $3/4$, 3 e $2/3$ nos ciclos 4 e 5. As amostras apresentam a partir do quinto ciclo uma alteração de cor com aumento de luminosidade (L^*) e diminuição da força colorística (K/S). Os resultados podem ser visualizados na Tabela 38. Resultados semelhantes foram encontrados na literatura em estudos referentes à tingimento com café com notas de 4 para alteração de cor e $4/5$ para transferência de cor sem a utilização de mordentes (MONGKHOLRATTANASIT, NAKPATHOM, VUTHIGANOND, 2021).

Tabela 38 - Resultado da solidez da cor à lavagem

Condição	pH	Biomordente e Mordente (0,06g)	Alteração de cor					Transferência de cor																													
			Ciclos					Ciclos																													
			1	2	3	4	5	1					2					3					4					5									
								CA	CO	PA	PES	PAC	WO	CA	CO	PA	PES	PAC	WO	CA	CO	PA	PES	PAC	WO	CA	CO	PA	PES	PAC	WO	CA	CO	PA	PES	PAC	WO
1	5,08	-	1	1	1	1	1	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4	4	4	3/4	4	4	4	4	4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3	3	3	3	3	2/3			
2	5,08	CR	3/4	3/4	3	1	1	5	5	5	5	5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	3/4	4/5	4/5	4/5	4/5	3/4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	2/3		
5	5,08	AL	1	1	1	1	1	5	5	5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4	4	3/4	4/5	4/5	4/5	4	4	3/4	4	4	4	3/4	3/4	3	3/4	3/4	3	3	2/3	
8	5,08	SF	1	1	1	1	1	4/5	5	5	5	5	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	3	4	4/5	4/5	4/5	3	3/4	4	4	4	4	4	2/3	3	3/4	3/4	3/4	3/4	2
11	7	-	3/4	3/4	3	3	2/3	5	5	5	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4	4	4	4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3		
12	7	CR	4	4	3/4	3/4	3	5	5	5	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4	4	4	4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3		
15	7	AL	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4	4	4	4	4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	
18	7	SF	1/2	1	1	1	1	5	5	5	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4	4	4	4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3		
21	11	-	4	4	3/4	3/4	3	5	4/5	5	5	5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4	4/5	4	4/5	4/5	4	4	4	4	4	4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3		
22	11	CR	4	4	3/4	3/4	3	5	5	5	5	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4	4	4	4	4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	
25	11	AL	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4	4	4	4	4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	
28	11	SF	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4	4	4	4	4	4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3		

Legenda: Biomordente e Mordentes - CR = Caroço de Abacate, AL = Alúmen, SF = Sulfato Ferroso. Tecido multifibras - CA = Acetato; CO = Algodão; PA = Poliamida; PES = Poliéster; PAC = Acrílico; WO = Lã.
 Fonte: Elaborado pela autora.

No ensaio de solidez à luz UV, as amostras permaneceram no equipamento Xenotest por 40 horas. Foram avaliadas a cada 10 horas de modo a comparar e analisar o tempo necessário para permanecer na exposição da luz UV e retirados do equipamento quando atingiram a nota 3 na escala de azuis, nota que quando atingida é finalizado o ensaio. Após a análise visual pode-se notar que as amostras sofreram degradação da cor conforme o tempo de exposição na luz UV. Segundo a literatura, um dos principais fatores que influenciam na estabilidade dos corantes naturais, é a intensidade e tempo de exposição da fibra tingida aos raios gama e ultravioleta. Estas radiações que estimulam a formação dos radicais livres, que por vez, atuam na insaturação das moléculas responsáveis pela cor, rompendo-as e ocasionando o desbotamento do pigmento e consequentemente da cor (LUCARINI et al., 2017).

5.4.3.2 Tingimento apenas de biomordente e mordentes

Nas tabelas 39 e 40 pode-se analisar os resultados da solidez da cor ao suor ácido e alcalino dos tingimentos apenas com mordentes. As condições apresentaram notas entre 3/4 e 3 para alteração de cor e uma média de notas entre 5, 4/5 e 4 para a transferência de cor no tecido multifibras.

Tabela 39 - Resultado da solidez da cor do tingimento de mordentes ao suor ácido

Condição	pH	Biomordente e Mordente (0,06g)	Alteração de cor	Transferência de cor					
				CA	CO	PA	PES	PAC	WO
31	5,08	CR	3/4	4	4	4/5	4	4	4
34	5,08	AL	3	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5
37	5,08	SF	3	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5
40	7	CR	3/4	4	4	4	4	5	4
43	7	AL	3	4/5	4/5	4/5	4	4/5	4/5
46	7	SF	3	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5
49	11	CR	3/4	4/5	4	4	5	4	4
52	11	AL	3	4/5	4/5	5	4/5	4/5	4/5
55	11	SF	3	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5

Legenda: Biomordente e Mordentes - CR = Carvão de Abacate, AL = Alúmen, SF = Sulfato Ferroso. Tecido multifibras - CA = Acetato; CO = Algodão; PA = Poliamida; PES = Poliéster; PAC = Acrílico; WO = Lã. Notas = 5 a 1, sendo nota 5 ótima e nota 1 ruim.
 Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 40 - Resultado da solidez da cor do tingimento de mordentes ao suor alcalino

Condição	pH	Biomordente e Mordente (0,06g)	Alteração de cor	Transferência de cor					
				CA	CO	PA	PES	PAC	WO
31	5,08	CR	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
34	5,08	AL	3	5	5	5	5	5	5
37	5,08	SF	3	5	5	5	5	5	5
40	7	CR	3/4	4	4	4/5	4	4	4
43	7	AL	3	4/5	5	4/5	4/5	4/5	4/5
46	7	SF	3	4/5	5	4/5	5	5	4/5
49	11	CR	3/4	4	3/4	4	3/4	4	4
52	11	AL	3	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
55	11	SF	3	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5

Legenda: Biomordente e Mordentes - CR = Carço de Abacate, AL = Alúmen, SF = Sulfato Ferroso. Tecido multifibras - CA = Acetato; CO = Algodão; PA = Poliamida; PES = Poliéster; PAC = Acrílico; WO = Lã. Notas = 5 a 1, sendo nota 5 ótima e nota 1 ruim.

Fonte: Elaborado pela autora.

Na tabela 41 é possível visualizar os resultados de solidez da cor à lavagem, em que as condições que utilizam o biomordente de caroço de abacate apresentam nota de 3/4 para alteração de cor independentemente do pH utilizado para tingimento. Em comparação aos mordentes metálicos que apresentam notas de 1 e 1/2. Para a transferência de cor no tecido multifibras é apresentado notas entre 5 e 4/5.

Tabela 41 - Resultado da solidez da cor do tingimento de mordentes à lavagem

Condição	pH	Biomordente e Mordente (0,06g)	Alteração de cor	Transferência de cor					
				CA	CO	PA	PES	PAC	WO
31	5,08	CR	3/4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
34	5,08	AL	1	5	5	4/5	5	5	5
37	5,08	SF	1/2	5	5	5	5	5	5
40	7	CR	3/4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
43	7	AL	1	5	5	5	5	5	5
46	7	SF	1/2	5	5	4/5	5	5	5
49	11	CR	3/4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
52	11	AL	1	5	5	4/5	5	5	5
55	11	SF	1/2	5	5	5	5	5	5

Legenda: Biomordente e Mordentes - CR = Carço de Abacate, AL = Alúmen, SF = Sulfato Ferroso. Tecido multifibras - CA = Acetato; CO = Algodão; PA = Poliamida; PES = Poliéster; PAC = Acrílico; WO = Lã. Notas = 5 a 1, sendo nota 5 ótima e nota 1 ruim.

Fonte: Elaborado pela autora.

5.4.3.3 Tingimento nas concentrações de 2%, 3% e 5% do corante de café

Quanto aos tingimentos de 2%, 3% e 5% de corante, os resultados da solidez da cor ao suor ácido, alcalino e à lavagem, apresentaram dados semelhantes em que as condições obtiveram notas de 3/4 para alteração de cor, e variaram entre 5, 4/5 e 4 para a transferência de cor, Tabelas 42, 43 e 44.

Tabela 42 - Resultado da solidez da cor do tingimento de 2%, 3% e 5% ao suor ácido

Condição	Corante (%)	Alteração de cor	Transferência de cor					
			CA	CO	PA	PES	PAC	WO
58	2	3/4	4	4	4	4	4	4/5
59	3	3/4	4/5	4/5	5	5	4/5	4/5
60	5	3/4	5	4/5	5	5	5	5

Legenda: Tecido multifibras - CA = Acetato; CO = Algodão; PA = Poliamida; PES = Poliéster; PAC = Acrílico; WO = Lã. Notas = 5 a 1, sendo nota 5 ótima e nota 1 ruim.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 43 - Resultado da solidez da cor do tingimento de 2%, 3% e 5% ao suor alcalino

Condição	Corante (%)	Alteração de cor	Transferência de cor					
			CA	CO	PA	PES	PAC	WO
58	2	3/4	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4
59	3	3/4	5	5	5	5	5	5
60	5	3/4	5	5	5	5	5	4/5

Legenda: Tecido multifibras - CA = Acetato; CO = Algodão; PA = Poliamida; PES = Poliéster; PAC = Acrílico; WO = Lã. Notas = 5 a 1, sendo nota 5 ótima e nota 1 ruim.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 44 - Resultado da solidez da cor do tingimento de 2%, 3% e 5% à lavagem

Condição	Corante (%)	Alteração de cor	Transferência de cor					
			CA	CO	PA	PES	PAC	WO
58	2	3/4	4	4	4/5	4	4	4
59	3	3/4	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5
60	5	3/4	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5

Legenda: Tecido multifibras - CA = Acetato; CO = Algodão; PA = Poliamida; PES = Poliéster; PAC = Acrílico; WO = Lã. Notas = 5 a 1, sendo nota 5 ótima e nota 1 ruim.

Fonte: Elaborado pela autora.

5.4.4 Análise estatística

Após realizados os tingimentos referentes ao planejamento experimental os resultados foram analisados por análise de variância (ANOVA) com intervalo de confiança de 95 %, seguido de comparações múltiplas das médias, pelo teste de Tukey, Tabela 45. As análises foram realizadas usando o software Statistica 13.5.0.17.

Tabela 45 - Resultados dos experimentos dos tingimentos com biomordente de caroço de abacate, mordentes metálicos alumínio e sulfato ferroso

Caroço de abacate						
Experimento	pH	Quantidade (g)			K/S	
1	5,08	0,06	1,5611	1,5798	1,5798	
2	5,08	0,12	1,7373	1,7041	1,9638	
3	11	0,06	4,0799	3,9673	3,9361	
4	11	0,12	3,2370	3,1039	3,4203	
5	5,08	0,09	1,9180	1,8663	1,7826	
6	11	0,09	4,3887	4,0599	4,4016	
7	7	0,06	3,7965	3,7524	3,7524	
8	7	0,12	3,2029	3,2998	3,2293	
9	7	0,09	3,6105	3,6217	3,6667	
10	7	0,09	3,6667	3,6105	3,6217	
Alúmen						
1	5,08	0,06	1,9638	1,8009	1,8456	
2	5,08	0,12	2,0329	1,9446	2,0329	
3	11	0,06	2,7129	2,5348	2,5849	
4	11	0,12	2,4908	2,7339	2,2932	
5	5,08	0,09	1,8209	1,8456	1,8383	
6	11	0,09	2,6007	2,4591	2,6743	
7	7	0,06	2,0862	2,0062	2,0178	
8	7	0,12	2,4688	2,4794	2,3031	
9	7	0,09	2,2494	2,2851	2,3632	
10	7	0,09	2,3632	2,2494	2,2851	

Sulfato ferroso

1	5,08	0,06	2,3825	2,3135	2,3761
2	5,08	0,12	2,8415	2,8370	2,8636
3	11	0,06	5,1092	5,3212	5,3056
4	11	0,12	6,2393	6,1477	6,7248
5	5,08	0,09	2,8819	2,8148	2,8287
6	11	0,09	6,0318	6,4851	6,9804
7	7	0,06	2,0228	2,2514	2,2184
8	7	0,12	2,5608	2,4479	2,4178
9	7	0,09	2,4817	2,4591	2,4931
10	7	0,09	2,4931	2,4817	2,4591

Fonte: Elaborado pela autora.

5.4.4.1 Análise estatística do tingimento com biomordente de caroço de abacate

Analisando a ANOVA todos os efeitos que apresentam significância estão demarcados em cinza na Tabela 46. São eles: ($p < 0,05$); R^2 de 97%; o erro relativo menos de 1% e um ajuste de 96,548% ao modelo proposto.

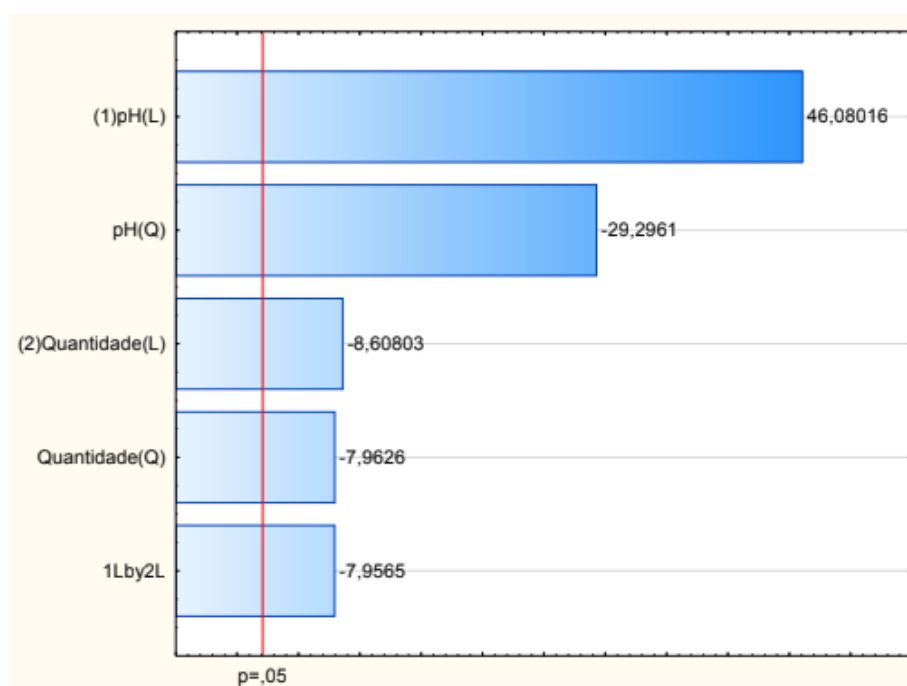
Tabela 46 - ANOVA biomordente de caroço de abacate

Fator	ANOVA - Var.:K/S; R-sqr = 0,97143; Adj: 0,96548				
	SS	df	MS	F	p
(1)pH (L)	19,84899	1	19,84899	2123,381	0,000000
pH (Q)	8,02286	1	8,02286	858,260	0,000000
(2) Quantidade (L)	0,69266	1	0,69266	74,098	0,000000
Quantidade (Q)	0,59268	1	0,59268	63,403	0,000000
1L by 2L	0,59177	1	0,59177	63,306	0,000000
Falta	0,56531	3	0,18844	20,158	0,000002
Erro puro	0,19630	21	0,00935		
Total SS	26,66150	29			

Legenda: SS = Somatória dos quadrados; df = graus de liberdade; MS = quadrado médio; F = valor F calculado; p = p valor; Q = quadrático; L = linear. Fonte: Elaborado pela autora.

Segundo o diagrama de Pareto, Figura 46, pode-se analisar pela altura das barras que os efeitos padronizados foram todos significativos. O efeito do pH tem maior significância, expressando que sua variação linear em relação direta com o valor de K/S. Ou seja, se o pH aumenta o K/S também aumenta. O efeito quadrático do pH contrário é observado sendo o efeito negativo. Os efeitos do quadrado considerando a quantidade de mordente e combinado de pH mostram menor significância negativa indicando que tem relação inversa com a variável resposta (K/S).

Figura 46 - Diagrama de Pareto caroço de abacate



Fonte: Elaborado pela autora.

Na tabela 47 é possível observar os efeitos estimados e os coeficientes de regressão. Os valores significantes estão demarcados em cinza.

Tabela 47 - Coeficientes da regressão

Fator	Regressão	Erro puro	t(21)	p
Intercorrência	-11,637	0,45730	-25,4470	0,000000
(1)pH (L)	2,870	0,08498	33,7741	0,000000
pH (Q)	-0,143	0,00487	-29,2961	0,000000
(2) Quantidade (L)	71,297	7,72069	9,2346	0,000000
Quantidade (Q)	-323,310	40,60352	-7,9626	0,000000
1L by 2L	-2,451	0,30803	-7,9565	0,000000

Legenda: p = p valor; Q = quadrático; L = linear.

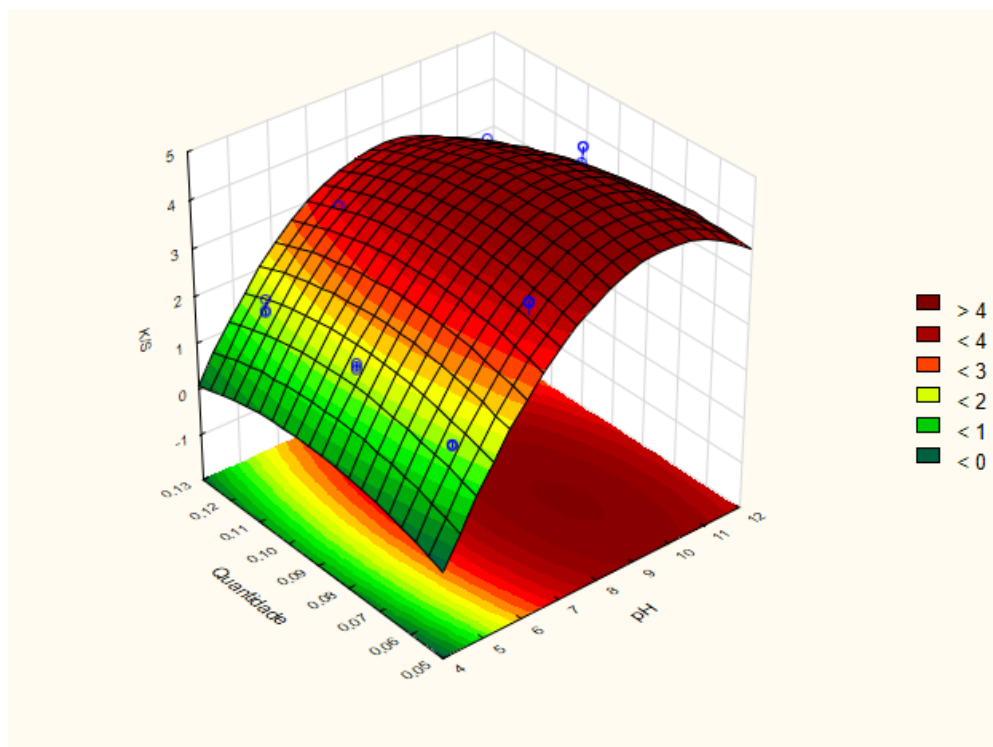
Fonte: Elaborado pela autora.

Considerando os coeficientes da regressão e sendo todos significantes, o modelo proposto, foi o seguinte, em que Z é K/S, x é o pH e y é a quantidade de mordente:

$$Z = -11,637 + 2,870 * x - 0,143 * x^2 + 71,297 * y - 323,310 * y^2 - 2,451 * x * y$$

A superfície de resposta encontrada após analisar o modelo acima, pode ser visualizada na Figura 47 com leitura de dados na Tabela 48.

Figura 47 - Superfície de resposta



Fonte: Elaborado pela autora.

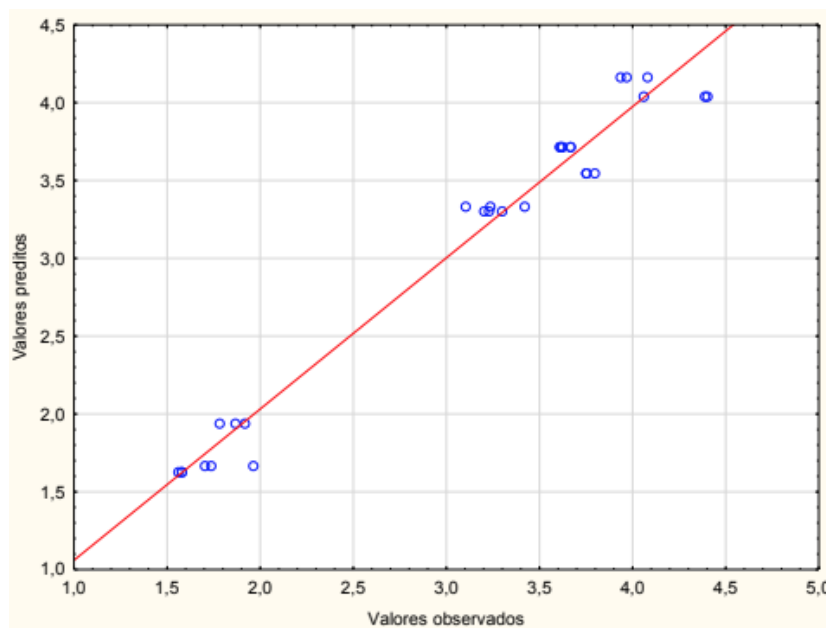
Tabela 48 - Valores críticos

Fator	Mínimo observado	Valores críticos	Máximo observado
pH	5,080000	9,415469	11,00000
Quantidade	0,060000	0,074575	0,12000
K/S		4,532964	

Fonte: Elaborado pela autora.

O gráfico de valores preditos versus valores observados pode ser visualizado na Figura 48. Os valores observados se ajustaram aos valores preditos pelo modelo.

Figura 48 - Gráfico de valores preditos vs valores observados



Fonte: Elaborado pela autora.

5.4.4.2 Análise estatística do tingimento com mordente alúmen

Analisando a ANOVA todos os efeitos que apresentam significância estão demarcados em cinza na Tabela 49. São eles: ($p < 0,05$); R^2 de 86%; o erro relativo menos de 1% e um ajuste de 83,73% ao modelo proposto. O efeito quadrático da variável quantidade não foi significativo $p > 0,05$.

Tabela 49 - ANOVA mordente alúmen

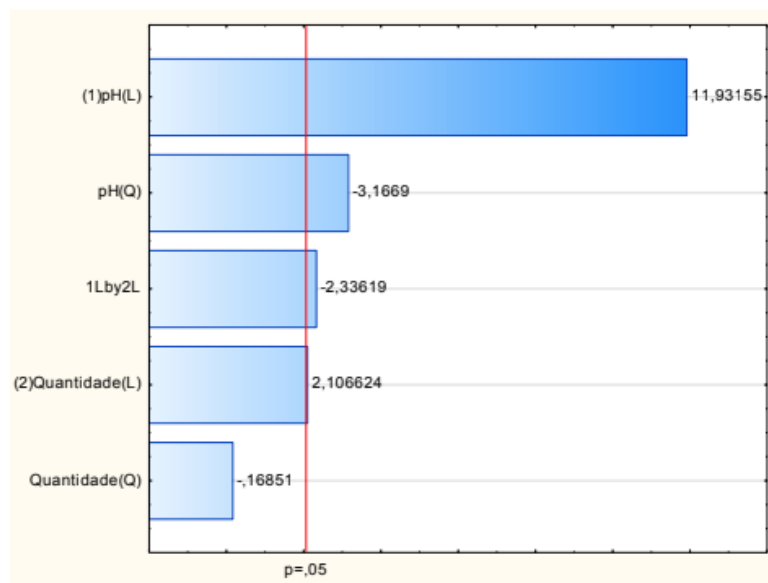
Fator	ANOVA - Var.:K/S; R-sqr = 0,86541; Adj: 0,83737				
	SS	df	MS	F	p
(1)pH (L)	1,972826	1	1,972826	212,7017	0,000000
pH (Q)	0,138984	1	0,138984	14,9846	0,000884
(2) Quantidade (L)	0,061499	1	0,061499	6,6306	0,017656
Quantidade (Q)	0,000394	1	0,000394	0,0424	0,838795
1L by 2L	0,075633	1	0,075633	8,1544	0,009469
Falta	0,137811	3	0,045937	4,9527	0,009366
Puro erro	0,194777	21	0,009275		
Total SS	2,471144	29			

Legenda: SS = Somatória dos quadrados; df = graus de liberdade; MS = quadrado médio; F = valor F calculado; p = p valor; Q = quadrático; L = linear.

Fonte: Elaborado pela autora.

Segundo o diagrama de Pareto, Figura 49, pode-se analisar pela altura das barras que os efeitos padronizados foram todos significativos, com exceção da quadrática de quantidade. O efeito do pH tem maior significância, expressando que sua variação linear em relação direta com o valor de K/S. Ou seja, se o pH aumenta o K/S também aumenta.

Figura 49 - Diagrama de Pareto alúmen



Fonte: Elaborado pela autora.

Na tabela 50 é possível observar os efeitos estimados e os coeficientes de regressão. Os valores significantes estão demarcados em cinza.

Tabela 50 - Coeficientes da regressão

Fator	Regressão	Erro puro	t(21)	p
Intercorrência	-0,58847	0,45551	-1,29189	0,210433
(1)pH (L)	0,49272	0,08465	5,82100	0,000009
pH (Q)	-0,01878	0,00485	-3,87100	0,000884
(2) Quantidade (L)	10,51161	7,69059	1,36681	0,186139
Quantidade (Q)	-8,33069	40,44524	-0,20597	0,838795
1L by 2L	-0,87619	0,30683	-2,85560	0,009469

Legenda: p = p valor; Q = quadrático; L = linear.

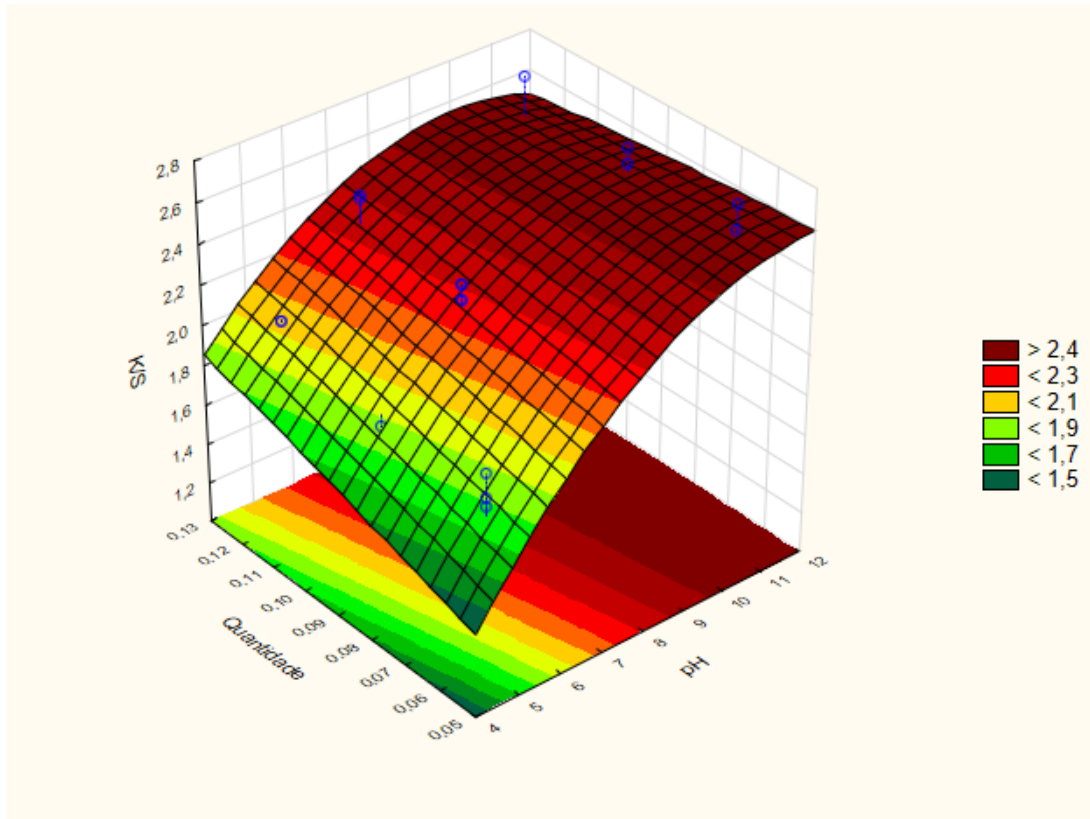
Fonte: Elaborado pela autora.

Considerando os coeficientes da regressão e sendo todos significantes, o modelo proposto é o seguinte, onde Z é K/S, x é o pH e y é a quantidade de mordente:

$$Z = 0,49272 * x - 0,01878 * x^2 - 0,87619 * x * y$$

A superfície de resposta encontrada após analisar o modelo acima, pode ser visualizada na Figura 50 com leitura de dados na Tabela 51.

Figura 50 - Superfície de resposta



Fonte: Elaborado pela autora.

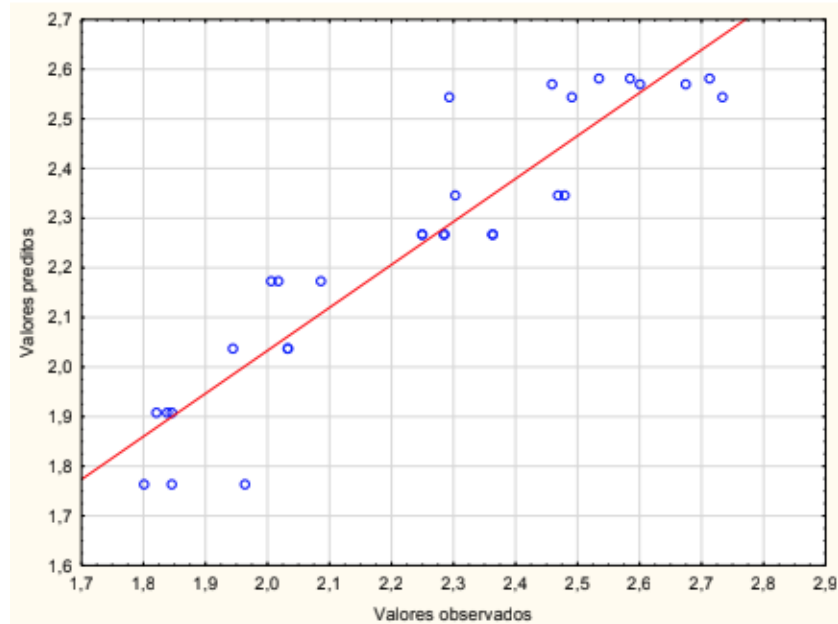
Tabela 51 - Valores críticos

Fator	Mínimo observado	Valores críticos	Máximo observado
pH	5,080000	7,055976	11,00000
Quantidade	0,060000	0,259838	0,12000
K/S		2,515512	

Fonte: Elaborado pela autora.

O gráfico de valores preditos versus valores observados pode ser visualizado na Figura 51.

Figura 51 - Gráfico de valores preditos vs valores observados



Fonte: Elaborado pela autora.

5.4.4.3 Análise estatística do tingimento com mordente sulfato ferroso

Analisando a ANOVA todos os efeitos que apresentam significância estão demarcados em cinza na Tabela 52. São eles: ($p < 0,05$); R^2 de 98%; o erro relativo menos de 1% e um ajuste de 98,32% ao modelo proposto.

Tabela 52 - ANOVA mordente de sulfato ferroso

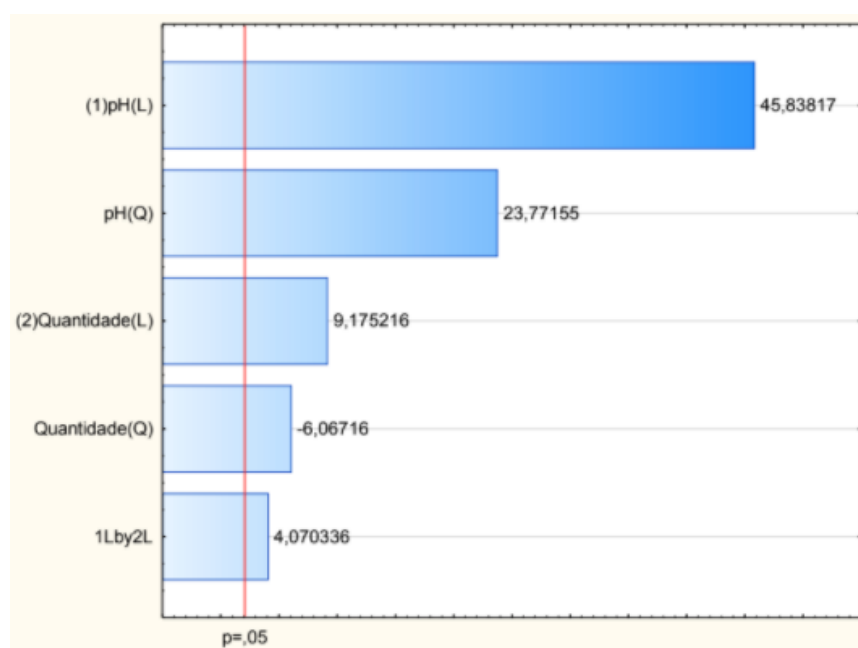
Fator	ANOVA - Var.:K/S; R-sqr = 0,98615; Adj: 0,98327				
	SS	df	MS	F	p
(1)pH (L)	51,59756	1	51,59756	2101,138	0,000000
pH (Q)	13,87681	1	13,87681	565,086	0,000000
(2) Quantidade (L)	2,06732	1	2,06732	84,185	0,000000
Quantidade (Q)	0,90395	1	0,90395	36,810	0,000005
1L by 2L	0,40685	1	0,40685	16,568	0,000549
Falta	0,64822	3	0,21607	8,799	0,000567
Puro erro	0,51570	21	0,02456		
Total SS	84,05109	29			

Legenda: SS = Somatória dos quadrados; df = graus de liberdade; MS = quadrado médio; F = valor F calculado; p = p valor; Q = quadrático; L = linear.

Fonte: Elaborado pela autora.

Segundo o diagrama de Pareto, Figura 52, pode-se analisar pela altura das barras que os efeitos padronizados foram todos significativos. O efeito do pH tem maior significância, expressando que sua variação linear em relação direta com o valor de K/S. Ou seja, se o pH aumenta o K/S também aumenta. O efeito quadrático do pH contrário é observado sendo o efeito padronizado negativo. Os efeitos do quadrado considerando a quantidade de mordente e combinado de pH mostram menor significância negativa indicando que tem relação inversa com a variável resposta (K/S).

Figura 52 - Diagrama de Pareto sulfato ferroso



Fonte: Elaborado pela autora.

Na tabela 53 é possível observar os efeitos estimados e os coeficientes de regressão. Os valores significantes estão demarcados em cinza.

Tabela 53 - Coeficientes da regressão

Fator	Regressão	Erro puro	t(21)	p
Intercorrência	7,713	0,74119	10,4064	0,000000
(1)pH (L)	-2,629	0,13773	-19,0863	0,000000
pH (Q)	0,188	0,00790	23,7715	0,000000
(2) Quantidade (L)	66,940	12,51377	5,3493	0,000026
Quantidade (Q)	-399,283	65,81059	-6,0672	0,000005
1L by 2L	2,032	0,49926	4,0703	0,000549

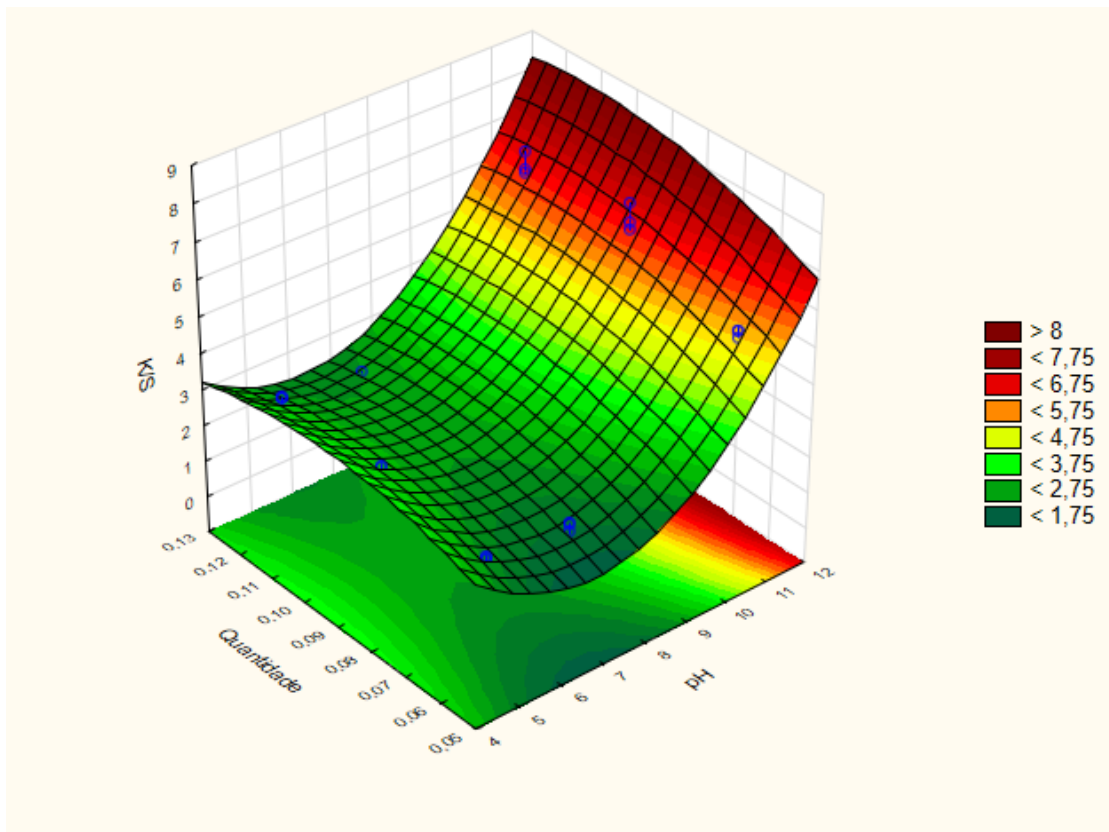
Legenda: p = p valor; Q = quadrático; L = linear. Fonte: Elaborado pela autora.

Considerando os coeficientes da regressão e sendo todos significativos, o modelo proposto é o seguinte, onde Z é K/S, x é o pH e y é a quantidade de mordente:

$$Z=7,713+-2,629*x+0,188*x^2+66,940*y-399,283*y^2-2,032*x*y$$

A superfície de resposta encontrada após analisar o modelo acima, pode ser visualizada na Figura 53 com leitura de dados na Tabela 54.

Figura 53 - Superfície de resposta



Fonte: Elaborado pela autora.

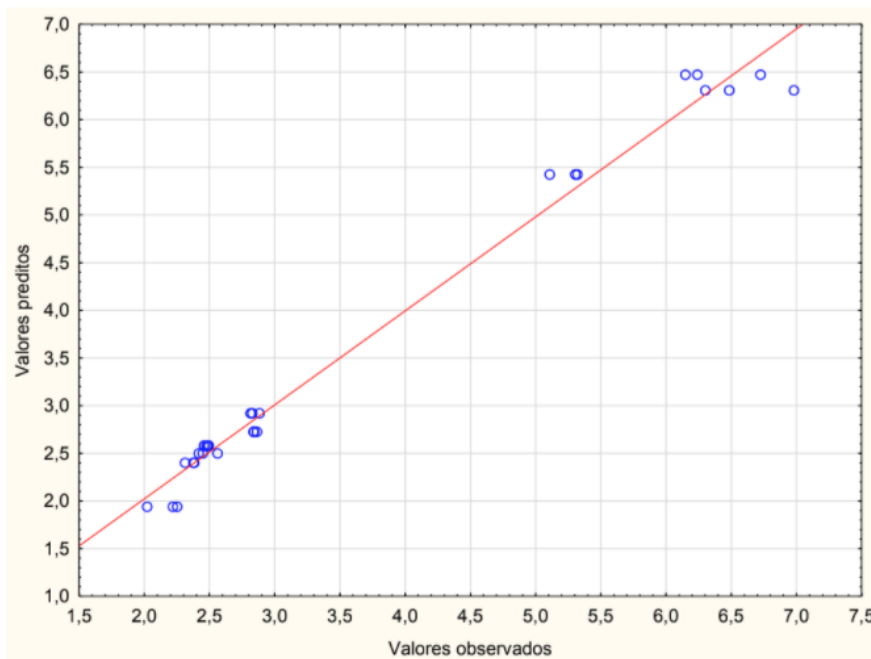
Tabela 54 - Valores críticos

Fator	Mínimo observado	Valores críticos	Máximo observado
pH	5,080000	6,460579	11,00000
Quantidade	0,060000	0,100266	0,12000
K/S		2,577309	

Fonte: Elaborado pela autora.

O gráfico de valores preditos versus valores observados pode ser visualizado na Figura 54. Os valores observados se ajustaram aos valores preditos pelo modelo.

Figura 54 - Gráfico de valores preditos vs valores observados



Fonte: Elaborado pela autora.

No planejamento experimental e análise estatística segundo os dados obtidos pela ANOVA o erro relativo dos três planejamentos foi de menos de 1%, os ajustes aos modelos propostos foram de: 96,548% para o caroço de abacate, 83,73% para o alúmen e 98,32% para o sulfato ferroso. Sendo assim, de acordo com dados obtidos nas análises estatísticas de tingimento, o melhor modelo para os tingimentos realizados é o do sulfato ferroso com 98,32% de ajuste.

Na tabela 55 é possível visualizar os melhores resultados obtidos após os tingimentos. As amostras 11, 12, 15, 21, 22 e 25 apresentaram solidez à luz UV de 40h, atingindo nota 3.

Tabela 55 - Principais resultados obtidos após tingimentos e caracterizações

Condição	pH	Biomordente e Mordente (0,06g)	K/S	Alteração de cor	Transferência de cor					
					CA	CO	PA	PES	PAC	WO
Solidez da cor ao suor ácido										
15	7	AL	2,0860	4	4/5	4/5	5	5	5	4/5
25	11	AL	2,7129	4	4/5	4/5	5	5	4/5	4/5
Solidez da cor ao suor alcalino										
11	7	-	2,2831	4	3/4	4	3/4	4	4/5	4
15	7	AL	2,0860	4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	4
Solidez da cor à lavagem										
12	7	CR	3,7965	4 - 3/4 -3	5 à 3/4	5 à 3/4	5 à 3/4	5 à 3/4	5 à 3/4	4/5 à 3
21	11	-	3,0562	4 - 3/4 -3	5 à 3	5 à 3	5 à 3	5 à 3	5 à 3	5 à 3
22	11	CR	4,0799	4 - 3/4 -3	5 à 3/4	5 à 3/4	5 à 3/4	5 à 3/4	5 à 3/4	5 à 3/4

Legenda: Biomordente e Mordentes - CR = Carço de Abacate, AL = Alúmen, SF = Sulfato Ferroso. Tecido multifibras - CA = Acetato; CO = Algodão; PA = Poliamida; PES = Poliéster; PAC = Acrílico; WO = Lã. Notas = 5 a 1, sendo nota 5 ótima e nota 1 ruim.

Fonte: Elaborado pela autora.

6. CONCLUSÕES

A presente pesquisa objetivou estudar a extração de corantes das cascas de café (*Coffea arabica* L.) e caroços de abacate (*Persea americana* Mill.) para utilização em tingimento de tecido de malha de algodão orgânico. Foram testados os mordentes metálicos, alumínio ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$), e sulfato ferroso ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$); e o extrato de caroço de abacate como biomordente. Com isso pode-se concluir:

O tecido de algodão orgânico foi caracterizado e os resultados mostraram composição 100% algodão, gramatura 155,34 g/m², espessura de 0,50680 mm, densidade foi de 32,20 fio/cm na trama e de 25,20 fios/cm no urdume com padronagem na classificação de jersey simples ou meia malha, permeabilidade ao ar foi de 379,2 L/m²/s e o índice de brancura foi WIE313 [D65/10] 79,44.

Nos extratos liofilizados de casca de café orgânico e caroço de abacate após caracterização por espectroscopia UV-Vis, pode-se identificar a presença de taninos e compostos fenólicos, evidenciada pelos espectros nas bandas entre 255 e 325 nm. As análises por FTIR-ATR indicaram a presença de grupos funcionais como O-H, =C-H, NH, -C=O, C=C, C-H e C-O. A quantificação para a casca de café e para o caroço de abacate de fenóis totais respectivamente foi $26,4 \pm 7,0$ mg_{GAE}·g_{extrato}⁻¹ e $242,9 \pm 29,8$ mg_{GAE}·g_{extrato}⁻¹; flavonoides totais $38,5 \pm 3,4$ mg_{rutina}·g_{extrato}⁻¹ e $86,0 \pm 3,1$ mg_{rutina}·g_{extrato}⁻¹; taninos hidrolisáveis $42,6 \pm 2,3$ mg_{AT}·g_{extrato}⁻¹ e $79,0 \pm 3,3$ mg_{AT}·g_{extrato}⁻¹; e atividade antiradicalar $22,4 \pm 0,7$ CI₅₀ (mg·L⁻¹) e $24,8 \pm 2,4$ CI₅₀ (mg·L⁻¹). Os ensaios bactericidas não evidenciaram ação para as cepas *Candida albicans* SC5314, *Staphylococcus* ATCC 6532, *E. coli* ATCC 25922 e *P. aeruginosa* PAO1. Quanto a análise cromatográfica por HPLC-UV, foram identificados os ácidos fenólicos, do grupo C6-C1, para a casca de café e 3-O-cafeoilquínico e 5-O-cafeoilquínico para o caroço de abacate.

Após os tingimentos os dados de força colorística mostraram que no pH 5,08 (sem ajuste) o maior valor de K/S foi 2,8819 com o mordente metálico sulfato ferroso em 0,09g (condição 9); para o pH 7 é de 3,7965 com o biomordente de caroço de abacate em 0,06g (condição 12); e para o pH 11 há dois melhores resultados a de 6,9804 com o mordente metálico sulfato ferroso em 0,09g (condição 26) e 4,4016 com o biomordente de caroço de abacate em 0,09g (condição 23). Em relação as condições de 1 a 30, a 23 foi a que apresentou o melhor resultado de K/S para um biomordente.

Os tingimentos realizados apenas com o biomordente de caroço de abacate e os mordentes metálicos, alumínio e sulfato ferroso apresentaram nos pH 5,08 (sem ajuste), 7 e 11,

os melhores K/S com a massa de 0,09 g: caroço de abacate com K/S 1,2673; alúmen com K/S 0,9746; sulfato ferroso com K/S 1,9801. Os tingimentos realizados com concentrações de 2%, 3% e 5% do corante da casca de café obtiveram resultados de força calorística muito similares com valores de 2,2812, 2,2965 e 2,2999 respectivamente.

Para os ensaios de solidez da cor ao suor ácido, as condições que apresentaram nota 4 foram a 15 e a 25, ambas utilizam o mordente metálico alúmen com pH de 7 e 11 respectivamente. Para o suor alcalino a condição que obteve nota 4 foi a 15. Já quanto à solidez à lavagem as condições que obtiveram notas 4, 3/4 e 3 ao longo dos ciclos foram: 12 (pH 7 - tingido com extrato de café orgânico com biomordente de 0,06g de caroço de abacate), 22 (pH 11 - tingido com extrato de café orgânico sem utilização de mordentes) e 25 (pH 11 - tingido com extrato de café orgânico com biomordente de 0,06g de caroço de abacate). As notas mais altas atingidas nos ensaios de solidez foram a nota 4 que é considerada ótima conforme a escala de cinza da avaliação visual. No ensaio de solidez à luz UV, as amostras permaneceram no equipamento por 40 horas ao atingirem a nota 3, levando a concluir que os tingimentos têm uma boa resistência.

Considerando as análises estatísticas o erro relativo dos três planejamentos foi de menos de 1%, os ajustes aos modelos propostos foram de: 96,54% para o caroço de abacate, 83,73% para o alúmen e 98,32% para o sulfato ferroso. Dos modelos testados para o ajuste dos dados experimentais, o modelo obtido para os ensaios com sulfato ferroso foi o que mostrou a melhor porcentagem de ajuste (98,32%).

Nas condições estudadas os resultados foram promissores para a substituição do mordente metálico de sulfato ferroso pelo biomordente de caroço de abacate após tingimentos e avaliações da força colorística e de solidez da cor ao suor ácido, alcalino, lavagem, luz UV, e cartela de cores. Além disso, pode ser uma alternativa para um tingimento mais limpo utilizando resíduos.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Estudar outros processos de extração;
- Realizar tingimentos utilizando pré-mordentagem e pós-mordentagem;
- Estudar os mecanismos de ligação do corante com a combinação biomordentes e mordentes metálicos;
- Realizar os tingimentos utilizando outras fibras como lã, poliamida e viscose, além do algodão;
- Determinar fator de proteção UV das amostras tingidas;
- Realizar os ensaios biológicos com diferentes cepas e concentrações de extratos;
- Estudar a viabilidade econômica e a ampliação de tingimento natural em escala; e
- Fazer um estudo comparativo dos efluentes gerados utilizando mordente e biomordente.

REFERÊNCIAS

AAB. **Sobre a associação**. Disponível em: <<https://abacatesdobrasil.org.br/sobre-a-abpa/>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

ABIT. **Perfil do setor**. Disponível em: <<https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>>. Acesso em: 21 mar. 2021.

_____. **Dados da indústria têxtil e de confecção referentes a 2017**. Disponível em: <<http://texbrasil.com.br/pt/imprensa/dados-da-industria-textil-e-de-confeccao-em-2015/>>. Acesso em 20 de maio de 2019.

ABRAPA. **Certificado e selo ABR**. Disponível em: <<https://www.abrapa.com.br/Paginas/Sustentabilidade/Certificado%20e%20Selo%20ABR.aspx>>. Acesso em: 21 mar. 2021.

ALMAJANO, M. P. et al. Antioxidant and antimicrobial activities of tea infusions. **Food Chemistry**, v.108, n.1, p. 55-63, 2008.

ALMEIDA, E. J. R., DILARRI, G., CORSO, C. R. **A indústria têxtil no Brasil**: Uma revisão dos seus impactos ambientais e possíveis tratamentos para os seus efluentes. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2016.

ALMEIDA, T.D.; MAI B.F.; PUGET, F.P. Extração de tanino da casca do café. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2014, Florianópolis. **Anais eletrônicos**. Disponível: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/extrao-de-tanino-da-casca-do-caf-18555>>. Acesso em: 27 de mar. de 2020.

AMARAL, M. C. et al. Industrial textile recycling and reuse in Brazil: case study and considerations concerning the circular economy. **Gest. Prod.**, v. 25, n.3, 2018.

ANDRADE, J. C.; SANTOS, W. M.; NÓBREGA, F. P.; ALMEIDA, L. F.; FERNANDES, F. H. A.; SANTANA, C. P.; VÉRAS, G.; MEDEIROS, A. C. D. Thermal characterization of *Aspidosperma pyrifolium* Mart. plant drugs. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 138, n. 5, p. 3747-3756, 2019.

APOLINÁRIO, M. G. et al. Biodegradação de água residuária têxtil in natura por fungo em reator de leito fixo fluxo contínuo. **Revista DAE**, v. 67, n. 2015, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12 060:1991** - Furos, chavetas, rasgos para chavetas e lingüetas de arraste, utilizados em ferramentas com furo cilíndrico e cônico de conicidade 1:30. Rio de Janeiro. 1991. 8 p.

_____. **NBR 13460:1995** - Tecido de malha por trama - Determinação da estrutura. Rio de Janeiro. 1995. 1 p.

_____. **NBR 13462** - Tecido de malha por trama - Estruturas fundamentais. Rio de Janeiro. 1995. 8 p.

_____. **NBR 13538:1995 (2014)** - Material têxtil - Análise qualitativa. Rio de Janeiro. 1995. 20 p.

_____. **NBR ISO 105-A01** - Ensaio de Solidez da cor: Parte A-01: Princípios gerais do ensaio. Rio de Janeiro. 2006a. 10 p.

_____. **NBR ISO 105-A02** - Ensaio de solidez da cor: Parte A-02: Escala cinza para avaliação de alteração de cor. Rio de Janeiro. 2006b. 3p.

_____. **NBR ISO 105-A03** - Ensaio de solidez da cor: Parte A-03: Escala cinza para avaliação de transferência de cor. Rio de Janeiro. 2006c. 2 p.

_____. **NBR ISO 105 C06** - Ensaio de solidez da cor: Parte C-06: Solidez de cor à lavagem doméstica e comercial. Rio de Janeiro. 2010. 6 p.

_____. **NBR ISO 105- B02** - Ensaio de solidez da cor: Parte B-02: Solidez de cor à luz artificial: Ensaio da lâmpada de desbotamento de arco de xenônio, do Comitê Brasileiro de Têxteis e do Vestuário. Rio de Janeiro. 2014. 19 p.

_____. **NBR ISO 139:2005 / 2008** - Têxteis - Atmosferas-padrão para condicionamento e ensaio. Rio de Janeiro. 2008. 6 p.

_____. **NBT ISO 139** - Têxteis - Atmosferas-padrão para condicionamento e ensaio. Rio de Janeiro. 2008. 6 p.

AZEVEDO, E. M. **A química nas áreas natural, tecnológica e sustentável 1** [recurso eletrônico]. Ponta Grossa: Atena, 2020.

BAGGIO, J. et al. Atividade antioxidante e conteúdo de fenólicos totais em cascas de café (coffea arábica, L.). In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Águas de Lindóia, 2007. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <<http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/2555>>. Acesso em: 27 de mar. de 2020.

BAI, S. K. **Extraction and Application of Avocado Dyes on EcoFriendly Fabrics Using Batik Technique**. Nova Delhi: University Grants Commission, 2021.

BAQUETA, M. R. Extração e caracterização de compostos do resíduo casca de café. **REBRAPA: Brazilian journal of food research**. v. 8, n. 2, p. 68-88, 2017.

BECHTOLD, T. et al. Natural dyes in modern textile dyehouses: how to combine experiences of two centuries to meet the demands of the future? **Journal of cleaner production**, v.1, p. 499 - 509, 2003.

BOUTRUP, J; ELLIS, C. **The Art and Science of Natural Dyes: Principles, Experiments, and Results**. Pensilvânia: Schiffer Publishing, 2019.

BRASÍLIA, D. C. **Desperdício - custo para todos - Alimentos apodrecem enquanto milhões de pessoas passam fome**. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=1256>. Acesso em: 10 de abr. de 2020.

BUCHMANN-DUCK, J.; BEAZLEY, K. F. An urgent call for circular economy advocates to acknowledge its limitations in conserving biodiversity. **Science of the Total Environment**, n. 727, 2020.

BURGESS, R. **Harvesting Color: How to Find Plants and Make Natural Dyes**. Nova Iorque: Artisan Publishers, 2011.

CENSO IBGE. **Perdas de grãos, no Brasil, chegam a cerca de 10% da colheita**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo.html?busca=1&id=1&idnoticia=330&t=perdas-graos-brasil-chegam-cerca-10-colheita&view=noticia>>. Acesso em: 23 de mar. de 2020.

CAMERE, S; KARANA, E. Fabricating materials from living organisms: An emerging design practice. **Journal of Cleaner Production**, n. 186, 2018.

CASTILLO-LLAMOSAS, A. et al. Hydrothermal treatment of avocado peel waste for the simultaneous recovery of oligosaccharides and antioxidant phenolics. **Bioresource Technology**, n. 342, 2021.

CHAKRABORTY, J. N. **Fundamentals and practices in colouration of textiles**. 2. ed. New Delhi: Woodhead Publishing, 2014.

CHOUDHURY, A. K. R. **Principles of colour appearance and measurement: object appearance, colour perception and instrumental measurement**. v. 1 ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2014.

CNA. **FAO apresenta panorama das perdas e desperdício de alimentos em publicação lançada pela Conab**. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1377468/>>. Acesso 21 mar 2021.

COELHO, G. O. et al. Development and characterization of biopolymeric films of galactomannans recovered from spent coffee grounds. **Journal of Food Engineering**, n. 289, 2021.

COLLAZO-BIGLIARDI, S.; ORTEGA-TORO, R.; CHIRALT, A. Using lignocellulosic fractions of coffee husk to improve properties of T compatibilised starch-PLA blend films. **Food Packaging and Shelf Life**, n. 22, 2019.

COLERATO, M. **Tingimento natural e estamparia botânica com a Matricaria**. Disponível em: <https://www.modifica.com.br/tingimento-natural-e-estamparia-botanica-com-matricaria/#.YFc4tmRKg_Z>. Acesso em: 17 fev. 2021.

CONAB. **2021 - Perdas em transporte e armazenamento de grãos**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/outras-publicacoes>>. Acesso em: 21 mar. 2021.

_____. **Safra de grãos 2021**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafes>>. Acesso em: 21 mar. 2021.

CONAMA. **Resolução CONAMA N° 430 DE 13/05/2011**. Disponível em: <legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>. Acesso 6 fev 2021.

CORREIA, R. M. **Perfil químico do café capixaba Conilon & Arábica por ESI(-)FT-ICR MS E ATR-FTIR: uma abordagem quantitativa**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2016.

DAIUTO, E. et al. Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate 'Hass'. **Revista brasileira de fruticultura**, v. 36, n.2, 2014.

DHAOUADI, F. et al. Preparation of an avocado seed hydrochar and its application as heavy metal adsorbent: Properties and advanced statistical physics modeling. **Chemical Engineering Journal**, n. 419, 2021.

DESNOS, R. **Botanical Colour at your Fingertips**. União Européia: Rebecca Desnos, 2016.

DUMONT, P. S. **Ouro na entressafra: produção de óleo de abacate cresce 'de carona' na olivicultura**. Disponível em: <<https://www.hojeemdia.com.br/ouro-na-entressafra-producao-de-oleo-de-abacate-cresce-de-carona-na-olivicultura-1.703400>> Acesso em: 23 mai. 2022.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **What is a circular economy?**. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>>. Acesso em: 03 ago. 2021.

ELLIS, J. L., MCCRACKEN, V. A., SKUZA, N. Insights into willingness to pay for organic cotton apparel. **Journal of fashion marketing and management**. v. 16, n. 3, p. 290-305, 2012.

EMBRAPA. **Sumário executivo**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/42278626/producao-dos-cafes-do-brasil-cresce-56-em-volume-e-apenas-34-em-faturamento-bruto-nos-ultimos-dez-anos>>. Acesso em: 23 de mar. de 2020.

EUR. **Commission decision of 5 June 2014 establishing the ecological criteria for the award of the EU Ecolabel for textile products (notified under document C(2014) 3677) Text with EEA relevance**. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32014D0350>>. Acesso em: 14 abr. 2021.

_____. **Seis maiores estados produtores dos cafés do Brasil atingiram 98% do volume da safra de 2017**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/31081641/seis-maiores-estados-produtores-dos-cafes-do-brasil-atingiram-98-do-volume-da-safra-de-2017>>. Acesso em: 23 de mar. de 2020.

_____. **Sumário executivo - Café - Dezembro 2020**. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/Sumario_Cafe_Dezembro_2020.pdf>. Acesso em: 21 de mar. de 2021.

FAO. **ONU: 17% de todos os alimentos disponíveis para consumo são desperdiçados**. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1379033/>>. Acesso em: 21 mar. 2021.

_____. **México continua a ser o maior exportador de abacate do mundo.** Disponível: <<http://www.agronegocios.eu/noticias/mexico-continua-a-ser-o-maior-exportador-de-abacate-do-mundo/#:~:text=Em%20m%C3%A9dia%20durante%202016%2D2018,1%2C%20kg%2C%20respectivamente>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

FERNANDES, S. C. et al. Towards product-service system oriented to circular economy: A systematic review of value proposition design approaches. **Journal of Cleaner Production**, n. 257, 2020.

FERREIRA, E. L. **Corantes naturais da flora brasileira** – Guia Prático de Tingimento com Plantas. Curitiba: Optagraf, 1998.

FLOEGEL, A. et al. Development and validation of an algorithm to establish a total antioxidant capacity database of the US diet. **International journal of food sciences and nutrition**, v. 61, n. 6, p. 600-623, 2010.

GANGLBERGER, E. **Environmental aspects and sustainability.** In: BECHTOLD, T.; MUSSAK, R. (Eds.). Handbook of natural colorants. Chichester: John Wiley and Sons, 2009.

GE, Y. et al. Molecular and biochemical analyses of avocado (*Persea americana*) reveal differences in the oil accumulation pattern between the mesocarp and seed during the fruit developmental period. **Scientia Horticulturae**, n. 276, 2021.

GHAZI MOKRI, H. S. et al. Adsorption of C.I. Acid Red 97 dye from aqueous solution onto walnut shell: kinetics, thermodynamics parameters, isotherms. **International journal of environmental science and technology**, v. 12, p. 1401-1408, 2015.

GIRÓN-VÁZQUEZ, N. G. et al. Study of the effect of *Persea americana* seed in the green synthesis of silver nanoparticles and their antimicrobial properties. **Physics**, v. 13, 2019.

GLOBAL FASHION AGENDA; BOSTON CONSULTING GROUP. **Sustainability must be fashion's first priority.** Disponível em: <<https://www.globalfashionagenda.com/about-us/our-mission/>> Acesso em: 21 mar. 2021.

_____. **Pulse of the fashion industry report.** Disponível em: <<https://www.globalfashionagenda.com/publications-and-policy/pulse-of-the-industry/>>. Acesso em: 21 mar. 2021.

GOUVEA, B. M. et al. Feasibility of ethanol production from coffee husks. **Biotechnol Lett**, v. 31, p. 1315–1319, 2009.

GREY, M. **A change is gonna come.** S. 04. EP. 01. 2007.

GUICHON, N. **Design sustentável para um mundo melhor.** Disponível em: <<https://naraguichontextil.wordpress.com/Guichon>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

GUPTA, D. **Ecotextiles - The way forward for sustainable development in textiles.** Woodhead Publishing, 2007.

HELLER, E. **A psicologia das cores.** São Paulo: Gustavo Gili, 2013.

HILDEBRANDT, J.; THRAN, D.; BEZAMA, A. The circularity of potential bio-textile production routes: Comparing life cycle impacts of bio-based materials used within the manufacturing of selected leather substitutes. **Journal of Cleaner Production**, n. 287, 2021.

IBGE. **Produção agrícola** - lavoura permanente. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/11863?ano=2018>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

IEMI. **O impacto social da indústria têxtil e confeccionista no Brasil**. Disponível em: <<https://www.fenixfabril.com.br/noticia/7/mercado-textil/o-impacto-social-da-industria-textil-e-confeccionista-no-brasil>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

İŞMAL, O. E.; YILDIRIM, L. **Metal mordants and biomordants** in: The Impact and Prospects of Green Chemistry for Textile Technology. The Textile Institute Book Series, p. 57-82, 2019.

ISMAL, O. E.; YILDIRIM, L.; OZDOGAN, E. Use of almond shell extracts plus biomordants as effective textile dye. **Journal of Cleaner Production**, n. 70, p. 61-67, 2014.

JABBOUR, C. J. C. et al. Unlocking the circular economy through new business models based on large-scale data: An integrative framework and research agenda. **Technological Forecasting & Social Change**, n. 144, 2019.

JAGUACY. **Jaguacy avocado**. Disponível em: <<https://avocado.com.br/>>. Acesso 6 fev 2021.

JOHN, P. Indigo - extraction. In: BECHTOLD, T.; MUSSAK, R. (Eds.). **Handbook of natural colorants**. Chichester: John Wiley and Sons, 2009.

JÚNIOR, J. O. C. S. et al. Caracterização físico-química do extrato fluido e seco por nebulização de *Symphytum officinale* L. **Revista brasileira de farmacognosia**, v. 16, p.671–677, 2006.

KIBLER, K. et al. Food waste and the food-energy-water nexus: A review of food waste management alternatives. **Waste Management**, n. 74, 2018.

KLEMOLA, K. Textile toxicity: cytotoxicity and spermatozoa motility inhibition resulting from reactive dyes and dyed fabrics. **Kuopio University Publications C. natural and environmental sciences**, v. 241, p. 1–67, 2008.

KRISTOFFERSEN, E. et al. The smart circular economy: A digital-enabled circular strategies framework for manufacturing companies. **Journal of Business Research**, n. 120, 2020.

KRUMREICH, F. D. **Obtenção de óleo de abacate por diferentes processos**: avaliação da qualidade, perfil de biocompostos e incorporação em fibras ultrafinas de zeína. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2018.

KUMBASAR, E. P. A. **Natural dyes**. Croacia: InTech, 2011, 124p.

LATTANZIO, V. Phenolic Compounds: Introduction. In book: **Natural products** (pp.1543-1580) Chapter: 50. Publisher: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.

LAZARE, S. et al. It takes two: Reciprocal scion-rootstock relationships enable salt tolerance in 'Hass' avocado. **Plant Science**, n. 312, 2021.

LEÃO, A. L. et al. Produção de materiais alternativos a partir de resíduos agroindustriais, se apresenta como alternativa viável para a redução de custos na disposição dos rejeitos. **Revista citricultura atual**, n. 80, 2011.

LEE, Y. et al. Dyeing properties and deodorizing/ antibacterial performance of cotton/silk/wool fabrics dyed with myrrh (*Commiphora myrrha*) extract. **Textile research journal**. v. 87, n. 8, p. 973 - 983, 2017.

_____. Renewable routes to monomeric precursors of nylon 66 and nylon 6 from food waste. **Journal of Cleaner Production**, n. 227, 2019.

LEITNER, P. et al. Production of a concentrated natural dye from Canadian Goldenrod (*Solidago canadensis*) extracts. **Dyes and pigments**, v. 93, p. 1416–1421, 2012.

LIAO , Y. et al. An eco-friendly N– P flame retardant for durable flame-retardant treatment of cotton fabric. **International Journal of Biological Macromolecules**, n. 187, p. 251-261, 2021.

LIMA, C. V. S.; COSTA, A. F. S. **Fibras têxteis: Matérias primas para a moda**. Recife: PROEXT-UFPE & Ed. Universitária da UFPE, 2014.

LIMA, R.; PEREIRA, M. **Entendendo o espaço de cor L*A*B***. Disponível em: <<https://textil.sp.senai.br/5287/entendendo-o-espaco-de-cor-l-a-b>>. Acesso em: 21 fev. 2021.

LIMAN, L. R. et al. Comparative dyeing behavior and UV protective characteristics of cotton fabric treated with polyphenols enriched banana and watermelon biowaste. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 21, 2021.

LISI, P. et al. Clinical and epidemiological features of textile contact dermatitis: an Italian multicentre study. **Contact dermatitis**, v. 70, p. 344–350, 2014.

LOGAN, J. **Make Ink: A Forager's Guide to Natural Inkmaking**. Nova Iorque: ABRAMS, 2018.

LOPES, F. C. et al. Active metabolites produced by *Penicillium chrysogenum* IFL1 growing on agro-industrial residues. **Annals of Microbiology**, v. 63, p. 771–778, 2013.

LOREAL. **Óleo de abacate**. Disponível em: <<https://por-dentro-dos-nossos-produtos.loreal.pt/ingredientes/oleo-de-abacate#ingredient-purpose>>. Acesso em: 23 mai. 2022.

LUCARINI, A. C.; TABU, A. S. F. Z.; SILVA, F. F. R.; MORAES, G. A.; PIAZON, G. I.; ZURAWSKI, M. P. Estudo da extração de corante natural que confere proteção ultravioleta

em fibras naturais. **The Journal of Engineering and Exact Sciences – JCEC**, v. 03, n. 02, p. 082 – 094, 2017.

LULE, Z. C.; WONDU, E.; KIM, J. Highly rigid, fire-resistant, and sustainable polybutylene adipate terephthalate/polybutylene succinate composites reinforced with surface-treated coffee husks. **Journal of Cleaner Production**, n. 315, 2021.

MAROCCOLO, M. **Tingimento natural: como começar**. Disponível em: <<https://www.historiasdecasa.com.br/2020/07/16/tingimento-natural-em-tecidos-como-comecar/>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

MARTINS, A. L. **História do Café**. Contexto: São Paulo, 2008.

MARTINS, R. P. **Moda comprometida com a responsabilidade ecológica e social – Várias Abordagens**. Covilhã: Universidade da Beira Interior, 2009.

MELO, M. L. N. et al. **Caracterização físico-química do caroço de abacate (*persa americana, mill*)**. Universidade Estadual da Paraíba: Encontro nacional de educação, ciência e tecnologia, 2012.

MIYAZAKI, K. **Tatakizome: passo a passo com Kiri Miyazaki**. Disponível em: <<https://www.japanhousesp.com.br/artigo/tatakizome-passo-a-passo/>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

MONGKHOLRATTANASIT, R.; NAKPATHOM, M.; VUTHIGANOND, N. Eco-dyeing with biocolorant from spent coffee ground on low molecular weight chitosan crosslinked cotton. **Sustainable chemistry and pharmacy**, v. 20, 2021.

MOREIRA, M. D. et al. Solid coffee waste as alternative to produce carotenoids with antioxidant and antimicrobial activities. **Waste management**, v. 82, p. 93-99, 2018.

MORSELETTO, P. Targets for a circular economy. **Resources, Conservation & Recycling**, n. 153, 2020.

MUNIZ, C. **Uma vida sem lixo**. Disponível em: <<https://umavidasemlixo.com/>>. Acesso em: 03 ago. 2021.

MUSSAK, R.; BECHTOLD, T. **Natural colorants in textile dyeing**. In: BECHTOLD, T.; MUSSAK, R. (Eds.). **Handbook of natural colorants**. Chichester: John Wiley and Sons, 2009.

NASCIMENTO, E. C.; GENUNCIO, G. C. **Panorama nacional da produção de abacate**. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/panorama-nacional-da-producao-de-abacate/>>. Acesso em: 5 de out. de 2020.

NEIRA, D. S. M.; CARVALHO, M. Q. O uso do café como recurso natural para o tingimento têxtil. In: Colóquio de Moda, 2018, Paraná. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <http://www.coloquiomoda.com.br/anais/Coloquio%20de%20Moda%20-%202017/CO/co_8/co_8_O_USO_DO_CAFE_COMO_RECURSO.pdf>. Acesso em: 27 de abr. de 2020.

NOGUEIRA, L. **Flavia Aranha**: o encontro do ancestral com a tecnologia. Disponível em: <<https://believe.earth/pt-br/flavia-aranha-o-encontro-ancestral-com-tecnologia/>>. Acesso em: 21 mar 2021.

OLIVEIRA, R. V.; TILBURG, M. F.; SANTOS, R. Q. ; MORENO, F. B. ; MONTEIRO-MOREIRA, A. C. O.; MOURA, A. Effects of cashew nut meal on ram sperm proteins. **Feedipedia**, Acta Vet. Bras., 8 (Suppl. 2): 246-247, 2014.

ONU. **Porque a indústria têxtil é uma das mais poluentes do mundo**. Disponível: <[OTAVIANO, B. T. H. **Estudo das propriedades de tingimento, ação antibacteriana e fotoprotetora do extrato das cascas de romã \(*Punica granatum L.*\) aplicado em tecido de algodão**. São Paulo: USP, 2021.](https://www.portogente.com.br/noticias-corporativas/111101-Por%20que%20a%20ind%3%BAstria%20t%3%AAxtil%20%3%A9%20uma%20das%20mais%20poluentes#:~:text=Hoje%2C%20estima-se%20que%20o,mar%3%ADtimos%20e%20a%20avia%3%A7%C3%A3o%20juntos.>. Acesso 14 abr 2021.</p></div><div data-bbox=)

PANDEY, A. et al. Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. **Biochemical engineering journal**, v. 6, n.2, p. 153-162, 2000.

PANIAGUA, S. et al. Combustion of avocado crop residues: Effect of crop variety and nature of nutrients. **Fuel**, n. 291, 2021.

PATERMANN, C; AGUILAR, A. A bioeconomy for the next decade. **EFB Bioeconomy Journal**, v. 1, 2021.

PEDROSA, I. **Da cor à cor inexistente**. Rio de Janeiro: Senac, 2009.

PEREIRA, P. A. **Evolução da produção mundial e nacional de abacate**. Brasília: Universidade de Brasília, 2015.

PIÑATEX. **Sobre a empresa**. Disponível em: <<https://www.ananas-anam.com/about-us/>>. Acesso em: 03 ago. 2021.

POLO, T. **Shibori: técnica de tingimento - Revista da cidade (10/02/2017)**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=XE6qvODR3tQ>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

PROVAX, A. **Shibori dyeing**. Disponível em: <<https://www.seamwork.com/magazine/2015/08/shibori-dyeing>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

PROVIN, A. P. et al. Circular economy for fashion industry: Use of waste from the food industry for the production of biotextiles. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 169, 2021.

RAMOS-AGUILAR, A. L. et al. The importance of the bioactive compounds of avocado fruit (*Persea americana* Mill) on human health. **Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud**, v. 21, n. 3, 2019.

RATHER, L. J. et al. Ecological dyeing of Woolen yarn with Adhatoda vasica natural dye in the presence of biomordants as an alternative copartner to metal mordants. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, n. 4, p. 3041-3049, 2016.

RAVINDRAN, R.; JAISWAL, A. K. Exploitation of Food Industry Waste for High-Value Product. **Trends in Biotechnology**, n. 1, v. 34, 2016.

RICCI, A. et al. Application of Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy in the characterization of tannins. **Applied spectroscopy reviews**, v. 50, p. 407–442, 2015.

ROVIEZZO, L. **O progresso sustentável da moda**. Disponível em: <<https://ffw.uol.com.br/blog/sustentabilidade/o-progresso-sustentavel-da-moda/>>. Acesso em 17 fev 2021.

SAFFARZADEH-MARTIN, S.; KHOSROWSHAHI, F. M. Phenolic compounds extraction from Iranian pomegranate (*Punica granatum*) industrial waste applicable to pilot plant scale. **Industrial Crops and Products**, v.108, 2017.

SALEM, V. **Tingimento têxtil: fibras, conceitos e tecnologias**. São Paulo: Blucher, 2010.

SAMANTA, A. K.; KONAR, A. Dyeing of Textile with Natural Dyes. In: KUNBASAR, E. P. A. **Natural Dyes**. Croacia: InTech, 2011, 124p.

SAXENA, S.; RAJA, A. S. M. Natural dyes: sources, chemistry, application and sustainability issues. In: MUTHU, S. S. (Ed.). **Roadmap to sustainable textiles and clothing: eco-friendly raw materials, technologies, and processing methods**. Singapore: Springer, 2014.

SERRANO-GARCIA, I. et al. Prolonged on-tree maturation vs. cold storage of Hass avocado fruit: changes in metabolites of bioactive interest at edible ripeness. **Food Chemistry**, 2022.

SILVA, P. M. **Corantes naturais das cascas das árvores Stryphnodendron adstringes (Mart.) Coville e Croton urucurana Baill., nativas do Brasil: extração, tingimento, solidez de cor e caracterização do efluente**. São Paulo: USP, 2018.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J. **Spectrometric identification of organic compounds**. Hoboken: John Wiley and Sons, 2005.

SINGH, H. B.; BHARATI, K. A. **Handbook of natural dyes and pigments**. New Delhi: Woodhead Publishing India, 2014.

SINGH, G. et al. Functionalization of wool fabric using kapok flower and bio-mordant. **Sustainable chemistry and pharmacy**, v. 14, 2019.

SOCALA, K. et al. Neuroprotective Effects of Coffee Bioactive Compounds: A Review. **International journal of molecular sciences**, v. 22, n. 107, 2021.

SOLEDAD, C. P. T. et al. Avocado seeds (*Persea americana* cv. Criollo sp.): lipophilic compounds profile and biological activities. **Saudi journal of biological sciences**, 2021.

SOONG, Y. Y.; BARLOW, P. J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food chemistry**, v. 88, n. 3, p. 411-417, 2004.

SRIVASTAVA, R.; SINGH, N. Importance of natural dye over synthetic dye: a critical review. **International journal of home science**, vp. 148-150, 2019.

TAMAYOSE, C. I.; SANTOS, E.; ROQUE, N.; COSTA-LOTUFO, L. V.; FERREIRA, M. J. P. Caffeoylquinic Acids: Separation Method, Antiradical Properties and Cytotoxicity. **Chemistry & Biodiversity**, v. 17, 2019.

TEXTILE EXCHANGE. **Certificação orgânica** - Associação internacional de inspetores orgânicos (IOIA). Disponível em: <<http://farmhub.textileexchange.org/learning-zone/farm-gate-integrity/organic-certification>> Acesso em: 21 mar. 2021.

_____. **Organic cotton market report**. Disponível em: <<https://textileexchange.org/2020-organic-cotton-market-report-ocmr-released/>>. Acesso em: 21 mar. 2021.

TORRES, H. C.; REIS, I. A.; PAGANO, A. S. Empoderamento do pesquisador nas ciências da saúde. Belo Horizonte: FALE/UFMG, 2018.

UE. **Jornal oficial da União Europeia**. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014D0350&from=EN>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **What is biopreferred?** Disponível em: <<https://www.biopreferred.gov/BioPreferred/faces/pages/AboutBioPreferred.xhtml>>. Acesso em: 24 jun. 2020.

VALENTE, J. M. L. D. **Subprodutos alimentares**: Novas alternativas e possíveis aplicações farmacêuticas. Porto: Universidade Fernando Pessoa, 2015.

VANKAR, P. S. et al. Ecofriendly sonicator dyeing of cotton with *Rubia cordifolia* Linn. using biomordant. **Dyes and Pigments**, n. 76, p. 207-212, 2008.

VANKAR, P. S.; SHUKLA, D. **The textile institute book series**. Elsevier, 2019. V. New Trends in natural dyes for textiles.

_____. Structure-mordant interaction, replacement by biomordants and enzymes. **Sources, chemistry and applications**. Reino Unido: Elsevier, 2017.

VARELA, T. **Graças ao tingimento natural, as cores da moda em 2020 serão as da natureza**. Disponível em: <<https://revistaglamour.globo.com/Glamour-Apresenta/noticia/2019/08/gracas-ao-tingimento-natural-cores-da-moda-em-2020-serao-da-natureza.html>>. Acesso em: 21 mar. 2021.

VEJAR, K. **The Modern Natural Dyer**: A Comprehensive Guide to Dyeing Silk, Wool, Linen, and Cotton at Home. Nova Iorque: Stewart, Tabori, & Chang, 2015.

VERMA et al. UV protection and antibacterial treatment of cellulosic fibre (cotton) using chitosan and onion skin dye. **Carbohydrate polymers**, v. 257, n. 1, 2021.

VIANNA, A. **Saiba tudo sobre a reciclagem de resíduos têxteis no Brasil**. Disponível em: <<https://www.reciclasampa.com.br/artigo/saiba-tudo-sobre-a-reciclagem-de-residuos-texteis-no-brasil#:~:text=De%202017%20at%C3%A9%202020%2C%20foram,restante%20de%20roupas%20p%C3%B3s%2Dconsumo>>. Acesso em: 14 abr. 2021.

VILAR, D. DE A. et al. Traditional uses, chemical constituents, and biological activities of *Bixa orellana* L.: a review. **The scientific world journal**, v. 2014, p. 1–11, 2014.

WATERMAN, P. G.; MOLE, S. Analysis of Phenolic Plant Metabolites. **Blackwell Scientific Publications**, Oxford, 73-99, 1994.

WANG, S. et al. Properties of flame-retardant cotton fabrics: Combustion behavior, thermal stability and mechanism of Si/P/N synergistic effect. **Industrial Crops & Products**, n. 173, 2021.

WANG, W.; BOSTIC, R. T.; GU, L. Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. **Food chemistry**, v.122, p. 1.193-1.198, 2010.




WANGATIA, L. M.; TADESSE, K.; MOYO, S. Mango bark mordant for dyeing cotton with natural dye: fully eco-friendly natural dyeing. **International journal of textile science**, v. 4, n. 2, p. 36-41, 2015.




YALLAPPA, S. et al. Microwave assisted rapid synthesis and biological evaluation of stable copper nanoparticles using T. arjuna bark extract. **Spectrochimica acta part A: molecular and biomolecular spectroscopy**, v. 110, p. 108–115, 2013.

ZHANG, Y. et al. Agricultural waste of *Eriobotrya japonica* L. (Loquat) seeds and flora leaves as source of natural dye and bio-mordant for coloration and bio-functional finishing of wool textile. **Industrial crops & Products**, n. 169, 2021.

ANEXO A - Certificado do tecido de algodão orgânico

TRANSACTION CERTIFICATE (TC) FOR TEXTILE PROCESSED ACCORDING TO THE GLOBAL ORGANIC TEXTILE STANDARD (GOTS)

<p>1. Body issuing the certificate (name and address)</p> <p>CU Inspections & Certifications India Private Limited, 22nd Floor, ARIHANT Aura, TTC Industrial Area, Turbhe MIDC, Opposite Turbhe Station, Navi Mumbai - 400705, India Email: cuc@controlunion.in Tel: +91-22-61294200 -299</p>	<p>2a) Licensing code of the certification body GOTS-CUC IN-16</p> <p>2b) Reference number of the certificate: PRJ 805428/01204905</p>
<p>3. Seller of the product (name and address)</p> <p>RSWM Ltd. Times Square Unit No. 601, B-Wing, 6th Floor, Andheri Kurla Road, Marol, Andheri East, 400 059 Mumbai Maharashtra INDIA</p>	<p>4. Inspection body* (name and address)</p> <p>CU Inspections & Certifications India Private Limited, 22nd Floor, ARIHANT Aura, TTC Industrial Area, Turbhe MIDC, Opposite Turbhe Station, Navi Mumbai - 400705, India Email: cuc@controlunion.in Tel: +91-22-61294200 -299</p>
<p>5. Last processor of the product(s) (name and address)</p> <p>RSWM Limited Mayur Nagar, Village Lodha, 327 001 Dist. Banswara Rajasthan INDIA</p>	<p>6. Country of dispatch</p> <p>INDIA</p>
<p>7. Buyer of the product(s) (name and address)</p> <p>ARDEFE IND COM DE MALHAS LTDA RDD ANTONIO HEIL KM 25 NO 5320 SANTA TEREZINHA CEP88352-502 BRUSQUE BRAZIL</p>	<p>8. Consignee of the product (Address of the place of destination)</p> <p>ARDEFE IND COM DE MALHAS LTDA RDD ANTONIO HEIL KM 25 NO 5320 SANTA TEREZINHA CEP88352-502 BRUSQUE BRAZIL</p> <p>9. Country of consignee</p> <p>BRAZIL</p>
<p>10. Product and shipment information</p> <p>Global Organic Textile Standard (GOTS) Certified</p> <p>Products as specified in box: 17 from organic production methods. Invoice no.: BY19000350117 d.d. 05-06-19 Transport document no.: 582727369 Transport document d.d. 17-06-19 Container no.: MSKU152136-0</p> <p>Identification codes : Raw material lot-456,463,468</p>	<p>11. Gross weight(kg)</p> <p style="text-align: center;">23851.50 kgs</p> <p>12. Net weight(kg)</p> <p style="text-align: center;">22758.30 kgs</p> <p>13. Commercial weight (kg)</p> <p style="text-align: center;">0.00 kgs</p>
<p>14. Declaration of the body issuing the certificate</p> <p>This is to certify that, based on the relevant documentation provided by the seller named in box 3, (i) the [fibre material name(s)] used for the product(s) as further detailed / referred to in box 10 and quantified in box 11, 12 and 13 has been produced in accordance with (an) organic farming standard(s) which is/are recognized by the Global Organic Textile Standard (GOTS), and (ii) the products have been processed in accordance with GOTS. Compliance with the standard is audited and monitored systematically in an accredited certification system under responsibility of the certification body named in box 1.</p>	
<p>15. Additional declaration :</p> <p>Certification of the organic fibres used for the products listed complies with USDA NOP rules : <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No (relevant information for products marketed and sold in the US; obligatory information for any GOTS TC)</p> <p>The organic cotton has been certified by an accredited certification body other than Control Union Certifications as per NPOP and NOP (USDA) standards, vide cert. no. 2312-13227, 2312-13228, 2312-13229</p>	
<p>16. Place and date of issue Navi Mumbai, 03 July 2019</p> <p>Name and signature of authorised person On behalf of Managing Director</p> <p style="text-align: center;"></p> <p>Name: Pravin Pawar, Mr. (Pravin)</p>	<p style="text-align: center;">Stamp of the issuing body</p> <p style="text-align: center;"></p> <p style="text-align: center;"></p>

Reference Number of the certificate: PRJ 805428/01204905							
17. Continuation of box 10.							
Srno.	Product name	Trade name	Label grade	Packed in	Lot-number(s)	Gross weight	Net weight
1	Certified Combed yarns - 100% Organic Cotton	NE 30/1 C OTTON 100%	Organic	497 Cartons	1912800095	23851.50	22758.30
18. Continuation of box 8 and box 9							
Name and Address of the Consignee				Country of Consignee			
19. This transaction certificate does not entitle the buyer / consignee of the goods to use the GOTS logo or make reference to GOTS. The rules for the labelling of GOTS certified goods are outlined in the "Licensing and Labelling Guide" (available on http://www.global-standard.org/licensing-and-labelling/licensing-and-labelling-guide.html)							
20. Place and date of issue Navi Mumbai, 03 July 2019				Stamp of the issuing body			
Name and signature of authorised person On behalf of Managing Director				 			
 Name: Pravin Pawar, Mr. (Pravin)							

10