

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS BLUMENAU
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA TÊXTIL
CURSO ENGENHARIA TÊXTIL

Amanda Schuch

BIOMIMETIZANDO CORES EM TECIDOS DE POLIÉSTER

BLUMENAU

2019

Amanda Schuch

BIOMIMETIZANDO CORES EM TECIDOS DE POLIÉSTER

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Têxtil, Campus Blumenau da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Têxtil.
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Fernanda Steffens
Coorientador: Prof. Dr. Fernando Ribeiro Oliveira

Blumenau

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Schuch, Amanda
BIOMIMETIZANDO CORES EM TECIDOS DE POLIÉSTER / Amanda
Schuch ; orientador, Fernanda Steffens, coorientador,
Fernando Ribeiro Oliveira, 2019.
78 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau,
Graduação em Engenharia Têxtil, Blumenau, 2019.

Inclui referências.

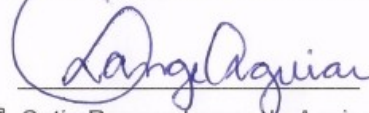
1. Engenharia Têxtil. 2. Biomimética. 3. Flores. 4.
Tingimento. 5. Colorimetria. I. Steffens, Fernanda. II.
Oliveira, Fernando Ribeiro. III. Universidade Federal de
Santa Catarina. Graduação em Engenharia Têxtil. IV. Título.

Amanda Schuch

Biomimetizando cores em tecidos de poliéster

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Têxtil, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Têxtil.

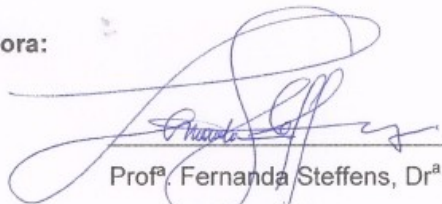
Blumenau, 3 de dezembro de 2019.



Prof^a. Catia Rosana Lange de Aguiar, Dr^a.

Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:



Prof^a. Fernanda Steffens, Dr^a.

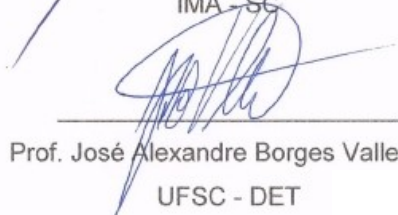
Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina



Jeferson Correia, M.Eng.

IMA - SC



Prof. José Alexandre Borges Valle, Dr.

UFSC - DET

Este trabalho é dedicado a Deus, aos meus pais, meu irmão, meu noivo e aos meus amigos. Aqueles que me apoiaram em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Simone e Osmarino, ao meu irmão André e ao meu noivo Roberto, por todo apoio, dedicação, incentivo e paciência durante toda a graduação. Por me ajudarem a superar todos os obstáculos e momentos difíceis. E principalmente por todo o amor e cuidado que tiveram comigo.

A minha orientadora Prof.^a Dr. Fernanda Steffens por toda a dedicação, incentivo, amizade e por todos os conhecimentos transmitidos durante a graduação, no projeto de iniciação científica e para a realização deste trabalho.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Fernando Ribeiro Oliveira por todo o suporte, amizade e conhecimentos compartilhados.

Aos meus amigos e familiares por todas as palavras de apoio, compreensão e incentivo.

A todos os meus professores por toda dedicação, ensinamento e experiência durante toda a graduação.

À Prof.^a Dr. Claudia Merlini pela ajuda para realização de análises experimentais.

Obrigada.

“Nunca, jamais desanimeis, embora venham ventos contrários.”
(Madre Paulina)

RESUMO

A natureza serve como fonte de inspiração e criatividade para o desenvolvimento de produtos e soluções de problemas. A biomimética é um tema emergente, em que se verifica um crescimento contínuo de publicações científicas durante os últimos anos. A proposta desse trabalho é o desenvolvimento de cor em substratos têxteis, aplicando o conceito de biomimética, tendo flores como fonte de inspiração. Os substratos têxteis utilizados foram tecidos planos de poliéster, um com aplicação de branqueador óptico e outro com preparação convencional. Foram utilizadas as seguintes técnicas para a caracterização dos tecidos: título do fio, gramatura, estrutura, análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) e Espectroscopia de InfraVermelho por Transformada de Fourier (FTIR). Realizou-se tingimentos dos tecidos com diversas cores (corante disperso) e concentrações, pelo processo de esgotamento. Posteriormente, foi realizado o processo de lavagem reductiva. As análises do espectrofotômetro foram realizadas antes e após a lavagem reductiva, para verificar se o processo influencia nos resultados de diferença de cor (ΔE). Além disso, obtiveram-se informações das coordenadas colorimétricas $L^*a^*b^*$ e dos valores de intensidade de cor (K/S) das amostras. Os tecidos tingidos foram utilizados para o desenvolvimento de banco de dados, e a partir do mesmo, foram criadas receitas baseadas nas cores de diferentes espécies de flores. Através das análises do espectrofotômetro das flores e dos tecidos, foi possível obter resultados do $L^*a^*b^*$ e verificar os valores de ΔE . Os resultados evidenciaram que o tecido com preparação convencional de beneficiamento gerou cores com maior força colorística. Além disso, foram obtidos visualmente ótimos resultados de reprodução das cores a partir das flores estudadas.

Palavras-chave: Biomimética. Flores. Tingimento. Colorimetria. Poliéster.

ABSTRACT

Nature serves as a source of inspiration and creativity for product development and problem solving. Biomimetics is an emerging theme, in which there has been a continuous growth of scientific publications during the last years. The purpose of this work is the development of color in textile substrates, applying the concept of biomimetics, with flowers as a source of inspiration. The textile substrates used were polyester fabrics, one with the application of optical brightener and another with conventional preparation. The following techniques were used to characterize the fabric: count number, grams per square meter, structure, Scanning Electronic Microscopy (SEM), Differential Scanning Calorimetry (DSC) and Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). Dyeing of the fabrics with different colors (dispersed dye) and concentrations was performed exhaustion process. Subsequently, the reductive washing process was carried out. Spectrophotometer analyzes were performed before and after reductive washing to verify if this process influences Delta E (ΔE) results. In addition, information was obtained on the colorimetric coordinates $L^*a^*b^*$ and color strength (K/S) values. Dyed fabrics were used for database development, and from it, recipes were created based on the colors of different flower species. Through the analysis of the spectrophotometer of flowers and fabrics, it was possible to obtain results of $L^*a^*b^*$ and verify the values of ΔE . The results showed that the fabric with conventional preparation of processing generated colors with greater color strength. In addition, optimal color reproduction results were visually obtained from the flowers studied.

Keywords: Biomimetics. Flowers. Dyeing. Colorimetry. Polyester.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – (a) Seção transversal; (b) Seção longitudinal da fibra de PES.....	23
Figura 2 – Diferentes técnicas de formação de superfícies têxteis.....	24
Figura 3 – Representação da estrutura de tecido plano: (a) tafetá; (b) sarja 2X1; (c) Cetim DV=2.	25
Figura 4 – Gráfico de reflectância de diferentes substratos.....	26
Figura 5 – Exemplo de estrutura química de um corante disperso.....	27
Figura 6 – Percepção da cor como resultado da interação entre o observador, objeto e a fonte de luz.....	27
Figura 7 – Coordenadas L*a*b*.....	28
Figura 8 – (a) Comportamento super-hidrofóbico da folha da árvore álamo de tulipa; (b) Imagens de MEV da estrutura da pena do pato em escala de 100 µm.	29
Figura 9 – Imagens de MEV do CO (a) sem tratamento e (b) com tratamento de quitosana, formando rugosidade superficial.	30
Figura 10 – (a) Ganchos da planta <i>Cocklebur</i> s; (b) aplicação do velcro em luva.....	31
Figura 11– Peixe-cofre como inspiração para o <i>Bionic car</i> (MERCEDES-BENZ).....	31
Figura 12 – Ilustração sobre a formação de gotas na superfície do Besouro da Namíbia.....	32
Figura 13 – Representação esquemática da coleta de água pela planta <i>Cotula fallax</i>	32
Figura 14 – Redes de malha que captam a água de nevoeiros.	33
Figura 15 – (a) Pinha seca, (b) pinha molhada, (c) (d) superfície sensível à água, desenvolvida por Chao Chen.	33
Figura 16 – (a) Selva; (b) Tecido estampado funcionalizado com termocrômico antes de aquecer; (c) Deserto; (d) Tecido estampado funcionalizado com termocrômico aquecido.....	34
Figura 17 – Fios tingidos inspirados no pavão.....	34
Figura 18 – Fios tingidos inspirados em diferentes elementos da natureza.	35
Figura 19 – Coleção inspirada em flores e paisagens.....	35
Figura 20 – (a) Borboleta <i>Morpho didius</i> ; (b) Imagens de MEV da seção transversal e (c) vista superior da microestrutura da asa.	36
Figura 21 – (a) tecido 1 – branqueador óptico, (b) tecido 2 – preparado convencionalmente.	37
Figura 22– Etapas para caracterização dos substratos, análise das coordenadas colorimétricas e desenvolvimento do banco de dados.....	38
Figura 23 – Etapas para a reprodução da cor a partir da biomimética.	38

Figura 24 – Esquema do processo de tingimento.	41
Figura 25 – Máquina de tingimento HT-IR DYER, TEXCONTROL.	42
Figura 26 – Curva de tingimento das amostras de PES.	42
Figura 27 – Processo de lavagem reductiva.	43
Figura 28 – Espectrofotômetro DATACOLOR 500.	44
Figura 29 – Esquema de cadastro dos substratos para o desenvolvimento do banco de dados.	44
Figura 30 – Cadastro de corante.	45
Figura 31 – Cadastro de concentrações.	45
Figura 32 – Espaço tridimensional dos conjuntos de corantes nas coordenadas $L^*a^*b^*$	46
Figura 33 – Flores do jardim da prefeitura de Blumenau: (a) Tagete (amarela); (b) Impaties (rosa); (c) Impaties (laranja); (d) Trapoeraba roxa (folha roxa).	47
Figura 34 – Imagens de MEV do tecido 1 com ampliação de (a) 100x e (b) 1000x.	51
Figura 35 – Imagens de MEV do tecido 2 com ampliação de (a) 100x e (b) 1000x.	52
Figura 36 – Tingimento a partir da flor Tagete (amarela): (a) tecido 1, (b) tecido 2.	63
Figura 37 – Tingimento a partir da flor Impaties (rosa): (a) tecido 1, (b) tecido 2.	64
Figura 38 – Tingimento a partir da flor Impaties (laranja): (a) tecido 1, (b) tecido 2.	64
Figura 39 – Tingimento a partir da folhagem Trapoeraba roxa: (a) tecido 1, (b) tecido 2.	64
Figura 40 – Comparação entre as cores das flores/falhagem e dos tecidos.	65
Figura 41 – Imagem ampliada por microscópio digital: (a) tecido 1, (b) tecido 2.	67
Figura 42 – (a) Flor amarela e (b) imagem ampliada em 1000x da flor Tagete.	67
Figura 43 – (a) Flor rosa e (b) imagem ampliada em 1000x da flor Impaties.	68
Figura 44 – (a) Flor laranja e (b) imagem ampliada em 1000x da flor Impaties.	68
Figura 45 – (a) Folhagem roxa e (b) imagem ampliada em 1000x da folhagem Trapoeraba roxa.	68
Figura 46 - Perfil topográfico da folhagem roxa.	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação das fibras têxteis.....	22
Quadro 2 – Similaridade entre as partes que constituem o corpo e as que envolvem a engenharia, no conceito da biomimética.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Publicações entre 2007 e 2018, com palavras-chave específicas.....	19
Tabela 2 – Comprimento dos fios na direção do urdume e trama – tecido 1.....	49
Tabela 3 – Comprimento dos fios na direção do urdume e trama – tecido 2.....	50
Tabela 4 – Título dos fios de urdume e de trama, dos tecidos 1 e 2.....	50
Tabela 5 – Massa das amostras dos tecidos com dimensão de 10x10 cm.....	50
Tabela 6 – Gramatura média dos tecidos 1 e 2.....	51
Tabela 7 – Desvio padrão do tecido 1 e tecido 2 para as diferentes concentrações de corantes disperso.....	54
Tabela 8 – Coordenadas L*a*b* do tecido 1, antes e após a lavagem reductiva.....	55
Tabela 9 – Coordenadas L*a*b* do tecido 2, antes e após a lavagem reductiva.....	57
Tabela 10 – Coordenadas L*a*b* das flores, com abertura 6,6 mm.....	65
Tabela 11 – Coordenadas L*a*b* dos tecidos, com abertura de 6,6 mm.....	66
Tabela 12 – Coordenadas L*a*b* dos tecidos, com abertura de 9,0 mm.....	66
Tabela 13 – Coordenadas L*a*b* dos tecidos, com abertura de 30,0 mm.....	66
Tabela 14 – Comparação de ΔE das flores e dos tecidos analisados com diferentes aberturas de medição.....	66

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Número de publicações entre os anos de 2007 e 2018.....	20
Gráfico 2 – Análise de DSC do tecido 1 e do tecido 2.....	52
Gráfico 3 – Análise de FTIR do tecido 1.....	53
Gráfico 4 – Análise de FTIR do tecido 2.....	53
Gráfico 5 – K/S dos tecidos tingidos com o corante disperso amarelo.	60
Gráfico 6 – K/S dos tecidos tingidos com o corante disperso azul 110%.	60
Gráfico 7 – K/S dos tecidos tingidos com o corante disperso azul 150%.	60
Gráfico 8 – K/S dos tecidos tingidos com o corante disperso castanho.	61
Gráfico 9 – K/S dos tecidos tingidos com o corante disperso laranja.	61
Gráfico 10 – K/S dos tecidos tingidos com o corante disperso marinho.....	61
Gráfico 11 – K/S dos tecidos tingidos com o corante disperso rubi.....	62
Gráfico 12 – K/S dos tecidos tingidos com corante disperso vermelho.....	62
Gráfico 13 – K/S dos tecidos tingidos com o corante disperso violeta.	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção.
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DSC	Calorimetria Exploratória Diferencial
DV	Deslocamento Vertical
FTIR	Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier
IV	Infravermelho
LABCT	Laboratório de Cuidados Têxteis
LABENE	Laboratório de Beneficiamento
LABMAT	Laboratório de Materiais
LABTEC	Laboratório de Tecidos e Malhas
LTE	Laboratório de Análises Térmicas e Espectroscopia
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
PES	Poliéster
<i>SEM</i>	<i>Scanning Electron Microscope</i>
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte

LISTA DE SÍMBOLOS

a^*	Eixo vermelho/verde
b^*	Eixo amarelo/azul
L^*	Luminosidade
Δa	Diferença de cor no eixo vermelho/verde
Δb	Diferença de cor no eixo amarelo/azul
ΔL	Diferença de cor no eixo da luminosidade
ΔE	Delta E – Diferença de cor
K/S	Intensidade de cor

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	OBJETIVOS.....	20
1.1.1	Objetivo Geral	20
1.1.2	Objetivos Específicos	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1	FIBRAS TÊXTEIS	22
2.1.1	Fibra de Poliéster	23
2.2	SUPERFÍCIE TÊXTIL.....	23
2.2.1	Tecido Plano	24
2.3	BENEFICIAMENTO	25
2.3.1	Branqueador óptico	25
2.3.2	Corante Disperso	26
2.4	COLORIMETRIA	27
2.4.1	Cor	27
2.4.2	Sistema CIElab	28
2.5	TÊXTEIS TÉCNICOS	28
2.6	BIOMIMÉTICA.....	28
2.6.1	Natureza como fonte de inspiração para o desenvolvimento de cor	34
2.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
3	MATÉRIAS E MÉTODOS	37
3.1	MATERIAIS	37
3.1.1	Superfícies têxtil	37
3.1.2	Tingimento e lavação reductiva	37
3.2	MÉTODOS.....	38
3.2.1	Caracterização	39
3.2.1.1	Título do fio.....	39

3.2.1.2	Gramatura.....	39
3.2.1.3	Determinação da estrutura do tecido	40
3.2.1.4	Microscopia Eletrônica de Varredura.....	40
3.2.1.5	Calorimetria Exploratória Diferencial.....	40
3.2.1.6	Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier	40
3.2.2	Processo de tingimento.....	41
3.2.3	Lavação reductiva	42
3.2.4	Análises no espectrofotômetro	43
3.2.5	Banco de dados no espectrofotômetro	44
3.2.6	Reprodução de cores a partir de substratos naturais	46
3.2.6.1	Interferometria de Luz Branca	47
3.2.6.2	Microscopia Ótica	47
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
4.1	CARACTERIZAÇÃO DOS TECIDOS PLANOS	49
4.1.1	Título do fio.....	49
4.1.2	Gramatura	50
4.1.3	Estrutura	51
4.1.4	Microscopia Eletrônica de Varredura.....	51
4.1.5	Calorimetria Exploratória Diferencial.....	52
4.1.6	Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier	53
4.2	PROCESSO DE TINGIMENTO PARA A ELABORAÇÃO DO BANCO DE DADOS	54
4.2.1	Coordenadas colorimétricas $L^*a^*b^*$	54
4.2.2	Força Colorística (K/S)	59
4.3	TINGIMENTO DOS TECIDOS BIOMIMETIZANDO AS CORES DAS FLORES	63
4.3.1	Coordenadas $L^*a^*b^*$ das flores e folhagem	65
4.3.2	Interferometria de Luz Branca	69
5	CONCLUSÃO	71

6	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	72
	REFERÊNCIAS.....	73
	ANEXO A – Opções de receita para o tecido 2, com base na folha roxa.....	77
	ANEXO B – Receita de tingimento para o tecido 2, com base na folha roxa.....	78

1 INTRODUÇÃO

Antigamente, o homem se vestia com o objetivo de se proteger contra as mais diversas intempéries. Porém, nos dias atuais, as roupas são também consideradas ferramentas visuais que podem envolver emoção e cultura. O designer e o engenheiro buscam constantemente inspirações para o desenvolvimento de novos produtos e soluções, que muitas vezes provêm da natureza (ANZABI, 2016).

A biomimética é um termo que se refere à inspiração de elementos da natureza para a solução de problemas, desenvolvimento de produto, aspectos relacionados ao design, dentre outros (ARRUDA; FREITAS, 2018). Um fato importante a se perceber é que cada ser tem uma função fundamental no ecossistema. Os elementos naturais (fauna e flora) enfrentam desafios para se protegerem, alimentarem e abrigarem. É por esse motivo que plantas e animais desenvolvem estratégias e possuem habilidades específicas de sobrevivência (HAISSER; RODRIGUES, 2013), as quais merecem ser estudadas para serem aplicadas no dia-a-dia das pessoas.

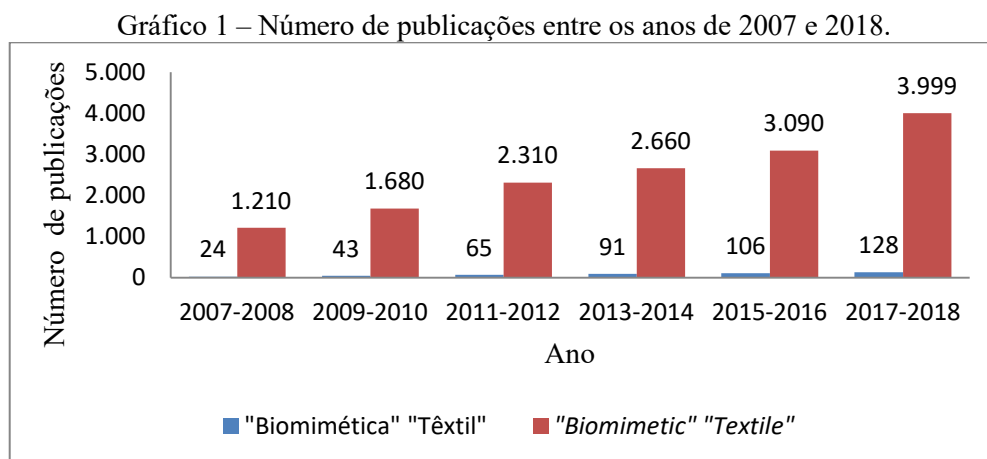
Com o objetivo de constatar a importância do conceito de biomimética, foram escolhidas palavras-chave relacionadas ao tema para verificar o número de publicações referente a esse assunto na literatura científica. Através da plataforma Google Acadêmico, pesquisou-se publicações entre os anos 2007 e 2018 com as seguintes palavras-chave: biomimética; *biomimetic*; bioinspiração; *bioinspiration*, “biomimética” “têxtil”; “*biomimetic*” “*textile*” e “*bioinspiration*” “*textile*” (Tabela 1).

Tabela 1 – Publicações entre 2007 e 2018, com palavras-chave.	
Palavras-chave	Quantidade de publicações
Biomimética	2.520
<i>Biomimetic</i>	168.000
Bioinspiração	1.400
<i>Bioinspiration</i>	15.300
“Biomimética” “Têxtil”	457
“ <i>Biomimetic</i> ” “ <i>Textile</i> ”	14.949
“ <i>Bioinspiration</i> ” “ <i>Textile</i> ”	8.880

*Pesquisa realizada em 17 de novembro de 2019.

Fonte: Autor (2019).

No Gráfico 1 é apresentado o número de publicações na literatura com o termo em português “biomimética” “têxtil” e em inglês “*biomimetic*” “*textile*”, pesquisado através da plataforma Google Acadêmico, entre 2007 e 2018.



Fonte: Autor (2019).

Analisando o Gráfico 1, observa-se que há um aumento considerável no número de publicações ao longo dos anos, evidenciando o potencial que este tema apresenta. Porém, comparando a quantidade de publicações em português e em inglês, reforça-se que o tópico “biomimética” tem muito a ser explorado no idioma português, principalmente relacionado à área têxtil.

A biomimética consiste na geração de soluções a partir de elementos presentes na natureza (MILWICH, 2006). Existem diversos desenvolvimentos de produtos têxteis inspirados na natureza, como por exemplo, superfícies hidrofóbicas, materiais com objetivo de camuflagem, sistemas de captação da água, entre outros. O estudo da biomimética é relevante no desenvolvimento de novas pesquisas. Um exemplo é a reprodução de cores inspirada em elementos da natureza.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolvimento de um banco de dados em espectrofotômetro para reprodução de cores a partir do conceito de biomimética, tendo flores como fonte de inspiração.

1.1.2 Objetivos Específicos

- (a) Caracterização estrutural, morfológica, térmica e química dos tecidos em estudo.
- (b) Tingimento em tecidos planos 100% poliéster, um com aplicação de branqueador óptico e outro com preparação convencional, utilizando diferentes cores e concentrações;
- (c) Criar o banco de dados no espectrofotômetro a partir das amostras tingidas;
- (d) Utilizar o banco de dados para fornecimento de receitas com o intuito de tingir os tecidos de poliéster supracitados a partir de cores encontradas na natureza;
- (e) Validar o banco de dados e verificação dos valores de Delta E;
- (f) Verificar a influência da presença de branqueador óptico no resultado das coordenadas colorimétricas;
- (g) Verificar a influência do tamanho da abertura de medição do espectrofotômetro nas coordenadas colorimétricas.
- (h) Analisar a influência da superfície dos materiais na reprodução de cores.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta o estado da arte relacionado ao tema abordado nesse trabalho. Primeiramente, serão apresentados alguns conceitos sobre fibras têxteis, ressaltando a fibra de poliéster. Em seguida, será dissertado a respeito de superfícies têxteis, destacando o tecido plano. Logo após, sobre corantes dispersos e conceitos relacionados à colorimetria. Por fim, serão apresentadas de uma forma geral definições sobre a biomimética e estudos relativos à sua aplicação no segmento têxtil.

2.1 FIBRAS TÊXTEIS

As fibras têxteis podem ser divididas em naturais e manufaturadas. As fibras naturais são obtidas a partir de fontes renováveis e são classificadas de acordo com sua origem: vegetal, animal e mineral. As fibras manufaturadas são desenvolvidas a partir de reagentes químicos, subdividida em artificial, sintética e inorgânica. As fibras artificiais são produzidas quimicamente a partir de matéria-prima natural, as fibras sintéticas são produzidas a partir de matéria-prima não natural e as fibras inorgânicas provenientes de compostos químicos inorgânicos (DANIEL, 2011; KADOLPH, 2011). O Quadro 1 apresenta a classificação das fibras têxteis.

Quadro 1 – Classificação das fibras têxteis.

Fibras Naturais			Fibras Manufaturadas		
Vegetal	Animal	Mineral	Artificial	Sintética	Inorgânica
Algodão Cânhamo Coco Juta Linho Rami Sisal	Alpaca Angorá Lã Seda	Amianto	Acetato Liocel Viscose	Poliamida Poliéster Acrílica	Vidro Carbono Cerâmica Metálica

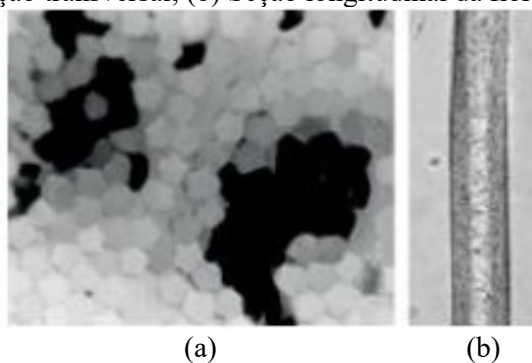
Fonte: Adaptado de Daniel (2011); Kadolph (2011).

2.1.1 Fibra de Poliéster

Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria Têxtil (ABIT), no Brasil, em 2018, foram consumidas 773,2 mil toneladas de fibras sintéticas. Desse montante, 70,74% correspondiam às fibras de poliéster (PES), sendo a mais consumida entre as fibras sintéticas no setor têxtil. É uma fibra que apresenta versatilidade de aplicações, seja de forma individual ou em misturas (CHOUDHURY, 2006).

O PES é obtido através de processos químicos, que ocorrem a partir da reação de condensação de um ácido dicarboxílico com um glicol. O seu processo de fiação é constituído pelas seguintes etapas: extrusão, estiragem e termofixação (NEVES, 1982; SALEM, 2010). Os fios podem ser encontrados em forma de filamento contínuo ou a partir de fibras cortadas. Devido seu processo de extrusão ser realizado com a presença de ar quente, o PES possui cadeias com zonas cristalinas. Por consequência, apresenta características como secagem rápida, resistência à abrasão e boa resistência à tração, baixa absorção de umidade, baixa penetração do corante a temperaturas mais baixas, elevado ponto de fusão (250-260°C) e boa estabilidade à luz (SILVA, 2012; SALEM, 2010). Na Figura 1 é possível observar a fibra de poliéster, sua seção transversal e a elevada uniformidade da fibra longitudinalmente.

Figura 1 – (a) Seção transversal; (b) Seção longitudinal da fibra de PES.



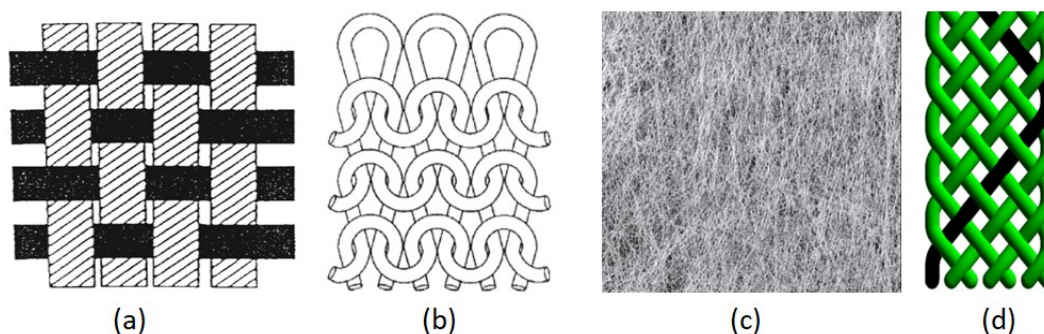
Fonte: Miúra; Munoz (2014).

2.2 SUPERFÍCIE TÊXTIL

A superfície têxtil é formada pelo entrelaçamento de fios ou fibras de origem natural, sintética ou artificial. Pode ser aplicada nos segmentos de vestuário, lar, técnicos, decoração, entre outros (LIMÃO, 2017). É essencial definir qual a tecnologia e o tipo de estrutura a ser

utilizada para a formação do material têxtil. Entre as tecnologias, tem-se: tecelagem (Figura 2-a); malharia (Figura 2-b); não tecidos (Figura 2-c); e entrançados (Figura 2-d). O processo de formação influencia na aparência da superfície têxtil, no seu desempenho, custo e aplicação (KADOLPH, 2011).

Figura 2 – Diferentes técnicas de formação de superfícies têxteis.

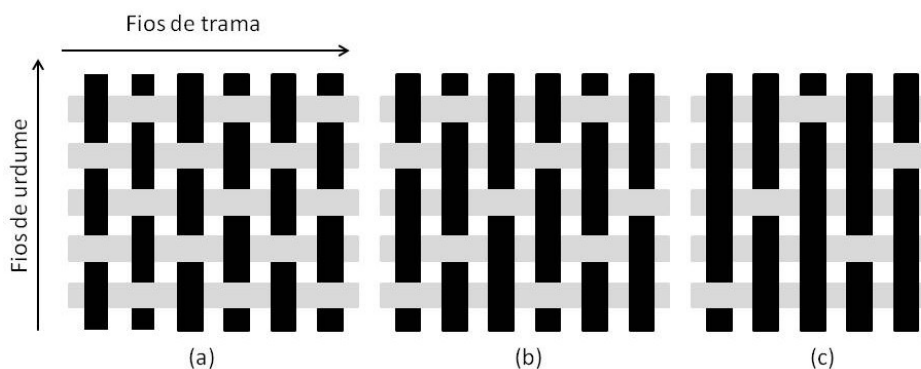


Fonte: Horrocks; Ananda (2000), Atex technologies, Branscomb et al. (2013).

2.2.1 Tecido Plano

O tecido plano é uma estrutura produzida pelo entrelaçamento perpendicular dos fios de urdume e fios de trama. Os fios de urdume correspondem à direção longitudinal (comprimento do tecido) e os fios de trama a direção transversal (largura do tecido) (LIMÃO, 2017). A formação do entrelaçamento do tecido acontece por meio de cinco etapas: desenrolamento do rolo de urdume, abertura da cala, inserção da trama, batida do pente e enrolamento do tecido. Existem diversas padronagens de tecidos planos, como por exemplo: tafetá, cetim, sarja e seus derivados. A Figura 3 ilustra exemplos de padronagens de tecido plano. A Figura 3-c, representa um cetim com deslocamento vertical (DV) de 2.

Figura 3 – Representação da estrutura de tecido plano: (a) Tafetá; (b) Sarja 2X1; (c) Cetim DV=2.



Fonte: Autor (2019).

2.3 BENEFICIAMENTO

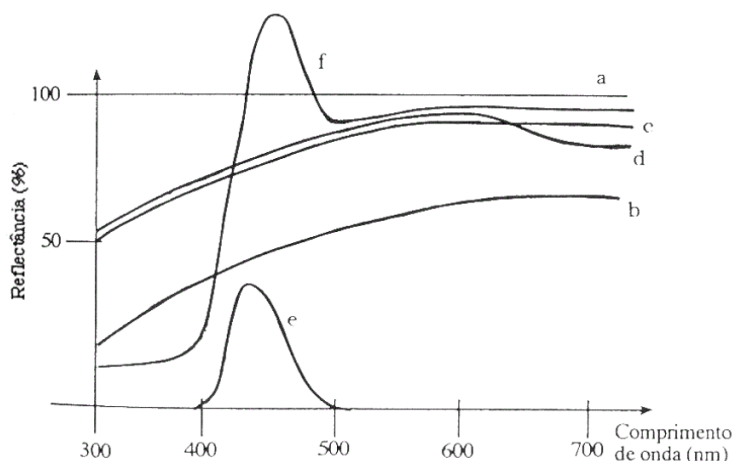
O beneficiamento têxtil é responsável por melhorar as características do material, sejam relativas à sua aparência, toque ou adicionar alguma funcionalidade. O beneficiamento é dividido em primário, secundário e terciário. O beneficiamento primário é a etapa na qual o substrato é preparado para os beneficiamentos secundário e terciário. Exemplo de processos de preparação: purga, alvejamento, mercerização entre outros. O beneficiamento secundário é responsável pelo tingimento do material. E o beneficiamento terciário é a etapa que melhora algumas características do tecido como brilho, hidrofildade, toque, entre outros (SOARES, 2006).

2.3.1 Branqueador óptico

No início do século XX, foram identificados produtos químicos com capacidade de tornar os substratos têxteis mais claros devido à ação da fluorescência, os quais são conhecidos como branqueadores ou alvejantes ópticos. As moléculas absorvem na faixa do ultravioleta (340- 380 nm) e emitem a luz na faixa visível entre violeta e azul (400-500 nm), isso faz com que o substrato apresente a aparência de “branco azulado” (MUSTALISH, 2000). O substrato apresenta um branco ideal quando exibe 100% de reflectância no espectro visível, que corresponde ao intervalo entre 380 e 780 nm (RAMOS, 2010). A Figura 4 mostra um exemplo de uma curva de reflectância, na qual a curva ‘a’ representa o branco ideal; a curva ‘b’ o substrato sem tratamento; a curva ‘c’ branqueado quimicamente; a curva ‘d’ branqueado

quimicamente com aplicação de corante azul; a curva 'e' refere-se à reflectância do branqueador; e a curva 'f' representa o substrato branqueado opticamente (RAMOS, 2010).

Figura 4 – Gráfico de reflectância de diferentes substratos.



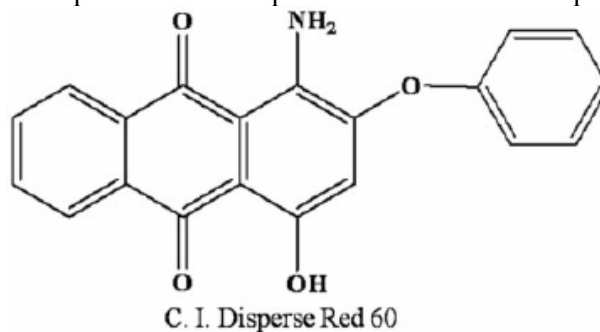
Fonte: Ramos (2010).

2.3.2 Corante Disperso

O processo de tingimento das fibras têxteis ocorre nas seguintes fases: a primeira é a difusão do corante no banho de tingimento até a superfície da fibra; a seguir ocorre a adsorção do corante na superfície da mesma; depois é a fase de difusão do corante para o interior da fibra e posteriormente a sua fixação. Salienta-se que as três primeiras fases ocorrem simultaneamente (UJHELYIOVA et al., 2007; SALEM, 2010).

Os corantes dispersos são apolares, possuem pouca solubilidade em água fria. Com o aumento de temperatura aumenta-se a solubilidade do mesmo. Por isso, os tingimentos com corantes dispersos acontecem em elevadas temperaturas (SALEM, 2010). Os corantes dispersos são utilizados em fibras hidrofóbicas, como por exemplo, o poliéster. Grande parte dos corantes dispersos é constituída por grupos azos, mas podem ter corantes com compostos antraquinona, nitro, metino e cromógenos à base de quinolina (LIM, 2018). A Figura 5 apresenta a estrutura de um corante disperso.

Figura 5 – Exemplo de estrutura química de um corante disperso.



Fonte: Yeum et al. (2014).

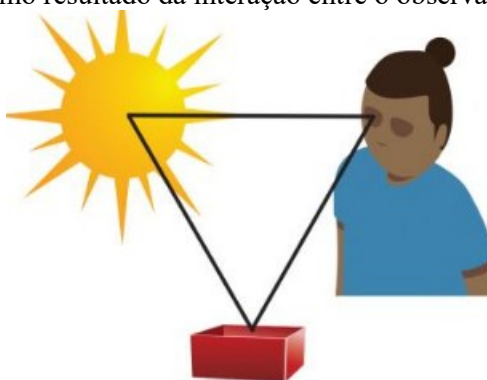
2.4 COLORIMETRIA

De acordo com Oliveira (2006), a colorimetria é definida como a ciência que descreve as cores, quantificando através de modelos matemáticos as percepções humanas.

2.4.1 Cor

A cor é percebida pelo ser humano através da reflexão da luz com comprimento de ondas na faixa do visível (GRIEBELER, 2013). Conforme ilustrado na Figura 6 é possível observar que a cor é resultado de três elementos fundamentais: fonte de luz, observador e o objeto que será analisado.

Figura 6 – Percepção da cor como resultado da interação entre o observador, objeto e a fonte de luz.

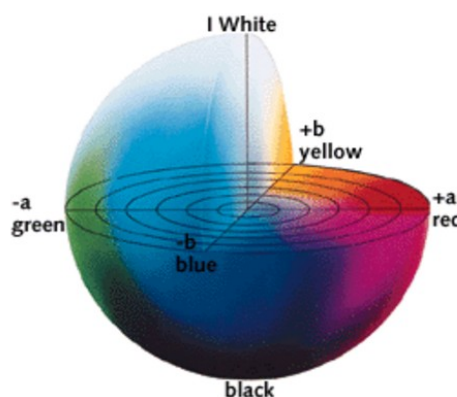


Fonte: Berns (2019).

2.4.2 Sistema CIElab

O sistema CIElab tem como objetivo analisar de forma matemática as cores medidas pelo espectrofotômetro. E isso acontece através de um espaço colorimétrico, conforme ilustrado na Figura 7. O sistema CIElab é formado pelas coordenadas colorimétricas compostas por $L^*a^*b^*$. O L^* representa a luminosidade, que varia entre 0 (preto ideal) e 100 (branco ideal); a coordenada a^* representa a cor vermelha (+ a^*) e verde (- a^*); a coordenada b^* representa a cor amarela (+ b^*) e azul (- b^*) (ANAND, 2016).

Figura 7 – Coordenadas $L^*a^*b^*$.



Fonte: Anand et al. (2016).

2.5 TÊXTEIS TÉCNICOS

Os materiais têxteis são principalmente utilizados nos segmentos de vestuário e têxteis lar (cama, mesa e banho). Mas existem também aplicações particulares, onde os materiais têxteis cumprem requisitos específicos e são chamados de “têxteis técnicos”. Podem ser aplicados em diversas áreas, como por exemplo: medicina; proteção pessoal; esporte; engenharia civil, arquitetura; transporte, entre outros. Os têxteis técnicos são materiais que apresentam elevado desempenho mecânico, biológico ou térmico (FERREIRA et al., 2014).

2.6 BIOMIMÉTICA

O termo biomimética é uma palavra de origem grega, onde “*bios*” significa vida e “*mimēis*”, imitação (ARRUDA; FREITAS, 2018). A biomimética parte de um conceito

antigo, na qual se baseia na natureza, suas estruturas e funcionalidades biológicas, para a geração de ideias, desenvolvimento de produtos com propriedades e design diferenciados e solução de problemas (MILWICH et al., 2006). O Quadro 2 mostra a relação da biologia com a engenharia, dentro do conceito da biomimética.

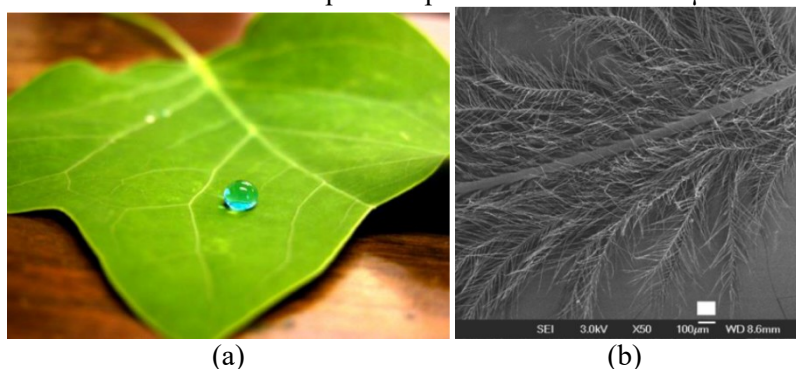
Quadro 2 – Similaridade entre as partes que constituem o corpo e as que envolvem a engenharia, no conceito da biomimética.

Biologia	Engenharia
Corpo	Grupos e estruturas que reproduzem o sistema biológico
Esqueleto e ossos	Estrutura de suporte
Cérebro	Computador
Inteligência	Inteligência artificial
Sentidos	Sensores

Fonte: Bar-cohen (2006).

Existem diversos substratos têxteis que são inspirados em plantas e animais, proporcionando o desenvolvimento de materiais aplicados para as mais diversas áreas. Um exemplo clássico é o desenvolvimento de materiais hidrofóbicos, inspirados na flor de lótus, que apresenta uma elevada repelência a água, devido principalmente a sua morfologia. Existem outras plantas que apresentam similar efeito, como é o caso da folha da árvore álamo de tulipa, mostrado na Figura 8-a (SIMPSON et al., 2015). A pena do pato (Figura 8-b) é outro exemplo de material hidrofóbico. Além disso, devido sua estrutura ramificada e ordenada, a pena do pato também apresenta bom isolamento térmico, quando não está úmida (EADIE; GHOSH, 2011).

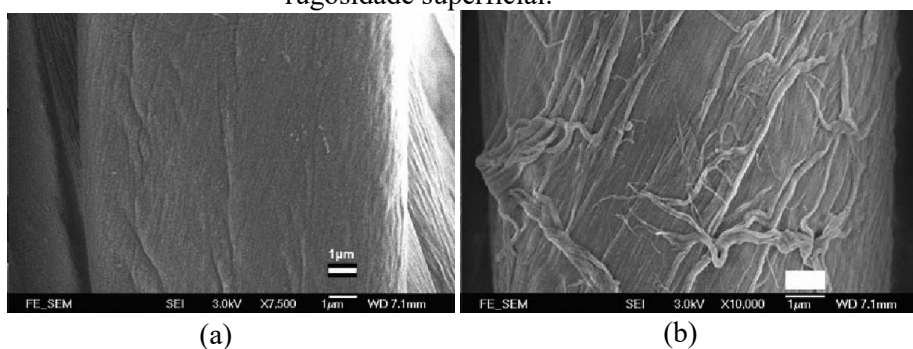
Figura 8 – (a) Comportamento super-hidrofóbico da folha da árvore álamo de tulipa; (b) Imagens de MEV da estrutura da pena do pato em escala de 100 μm .



Fonte: Simpson et al. (2015); Liu et al. (2008).

Pode-se afirmar que as penas das aves aquáticas apresentam também características hidrofóbicas, justamente para que os animais consigam ter um bom desempenho durante o mergulho (LIU et al., 2008). O autor Liu et al. (2008), em seu estudo, simulou a microestrutura da pena do pato em tecido de algodão e de poliéster utilizando biopolímero de quitosana. A Figura 9 mostra as imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do tecido de algodão (CO) sem e com tratamento de quitosana. Os tecidos apresentaram ótimos resultados de repelência à água.

Figura 9 – Imagens de MEV do CO (a) sem tratamento e (b) com tratamento de quitosana, formando rugosidade superficial.



Fonte: Liu et al. (2008).

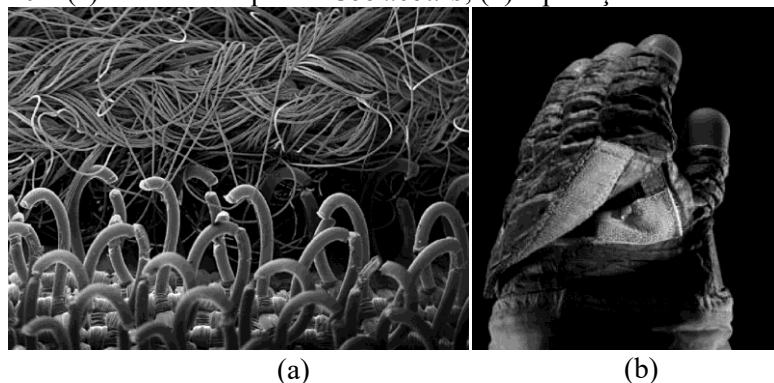
Existem diversos exemplos de aplicação da biomimética na literatura. Escamas presentes na superfície da pele do tubarão já serviram de inspiração para o desenvolvimento de vestuário aquático e aeronaves. O objetivo é reduzir a força de arraste do material. Conseqüentemente, melhora-se o desempenho do atleta durante a atividade esportiva, e também da aeronave, que consegue atingir velocidades mais elevadas (EADIE; GHOSH, 2011).

Outro exemplo clássico de biomimética é o velcro. Em 1948 a planta *Cocklebur* foi estudada pelo engenheiro George de Mestral. Ele observou que a planta apresenta uma estrutura de pequenos ganchos (Figura 10). Assim, em 1955, foi desenvolvido o velcro (BHUSHAN, 2009). Este material apresenta diversas aplicações, como em roupas, calçados, brinquedos, entre outros.

Em 2005, a MERCEDES-BENZ desenvolveu o carro *Bionic car*, baseado na estrutura óssea do peixe-cofre (Figura 11). Conseqüentemente, o veículo ficou mais

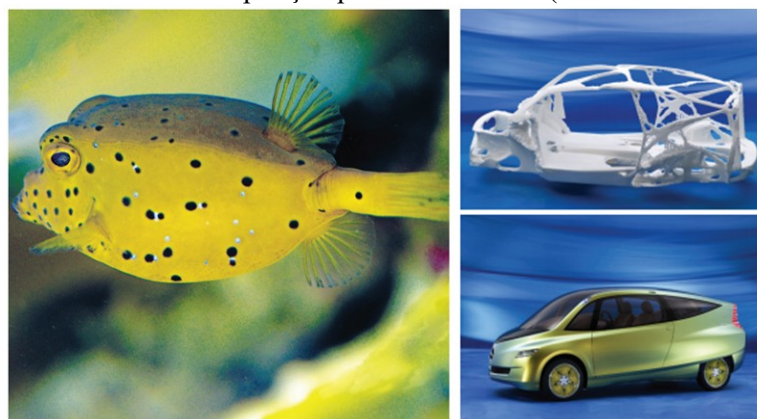
aerodinâmico e com um terço do peso de um automóvel de similar tamanho (QUEIROZ et al., 2017).

Figura 10 – (a) Ganchos da planta *Cocklebur*; (b) Aplicação do velcro em luva.



Fonte: Bhushan (2009).

Figura 11– Peixe-cofre como inspiração para o *Bionic car* (MERCEDES-BENZ).

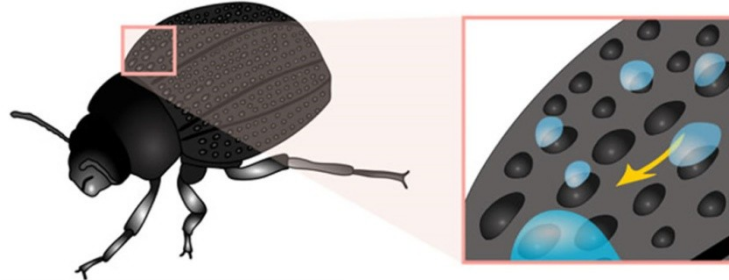


Fonte: Queiroz et al. (2017).

Nas áreas desérticas, a coleta de água a partir da neblina é de fundamental importância. Um exemplo de coletor natural de água proveniente da neblina é o besouro conhecido pelo nome de Besouro da Namíbia, que coleta a água para sua própria hidratação. A absorção ocorre nas suas costas, através de canais hidrofóbicos e hidrofílicos. A gota de água da neblina é comparativamente menor (1 a 40 μm) que a gota da chuva. O besouro inclina seu corpo para as microgotas rolaem pelas suas costas, formando gotas maiores, que são direcionadas para sua boca, como demonstrado na Figura 12 (PARKER; LAWRENCE, 2001). Outro exemplo é a planta *Cotula fallax*, onde suas folhas formam arranjos tridimensionais. Conforme ilustrado na Figura 13 é possível observar que a ponta da planta

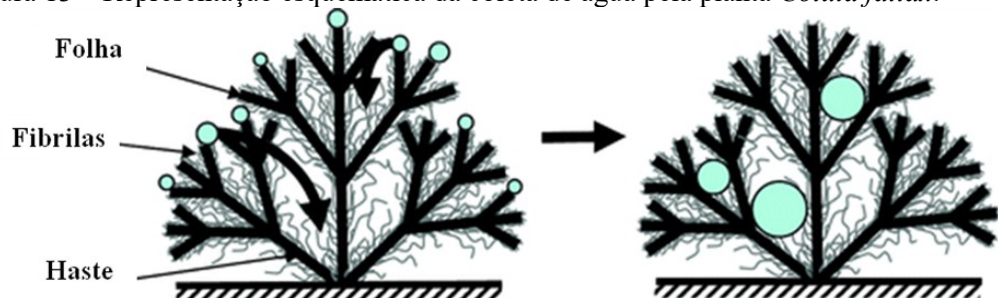
acumula água que, devido à inclinação, se tornam gotas maiores e caem no solo (ANDREWS et al., 2011). Neste mesmo contexto, o autor Shigezawa (2015) desenvolveu um substrato têxtil com capacidade de captação da água da neblina. O material foi inspirado na planta *Berkheya purpúrea*. Foram introduzidas fibras eletrofiadas de acetato de celulose com diâmetro entre 0,8 a 3,4 μm para revestir uma amostra de malha de poliamida. Essa combinação permite que as fibras mais finas colem a água da neblina.

Figura 12 – Ilustração sobre a formação de gotas na superfície do Besouro da Namíbia.



Fonte: Moazzam et al. (2018).

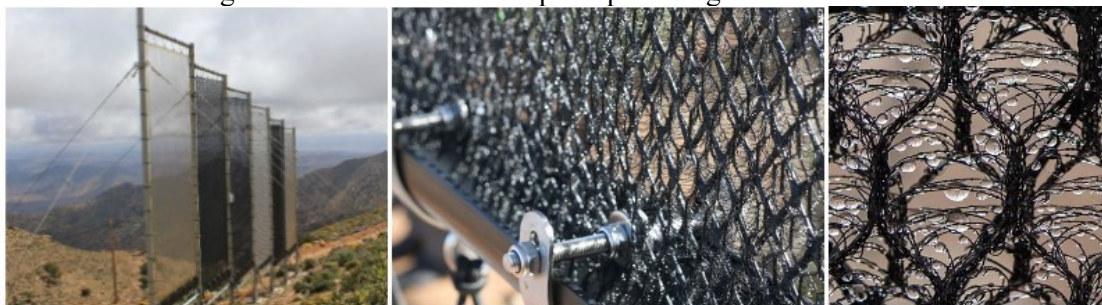
Figura 13 – Representação esquemática da coleta de água pela planta *Cotula fallax*.



Fonte: Adaptado de Andrews et al., 2011.

Partindo do mesmo princípio de captação de água, um projeto realizado pela Organização não governamental Dar Si Hmad, no Marrocos, desenvolveu redes a partir da tecnologia de malharia por urdume com capacidade de captar água proveniente de nevoeiros (Figura 14). Com um total de 600 m^2 de redes instaladas, a estrutura tem capacidade de captar até 6.300 litros de água por dia (DAR SI HMAD, 2016).

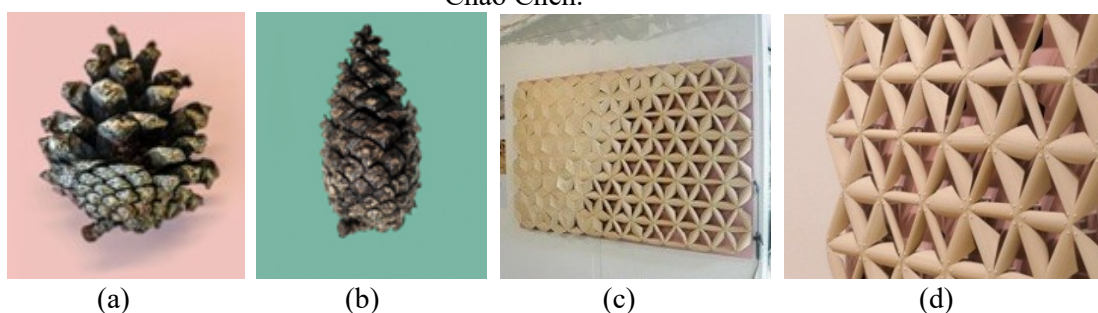
Figura 14 – Redes de malha que captam a água de nevoeiros.



Fonte: Prisco (2016), Aqualonis.

Na Inglaterra, o designer Chao Chen desenvolveu um material que serve como cobertura de edifícios, baseado na pinha (Figura 15). O material é formado por um laminado composto de materiais com diferentes taxas de expansão higroscópica, que se fecha na chuva e se abre quando o sol está presente (ÉPOCA NEGÓCIOS, 2015).

Figura 15 – (a) Pinha seca; (b) Pinha molhada; (c) (d) Superfície sensível à água, desenvolvida por Chao Chen.

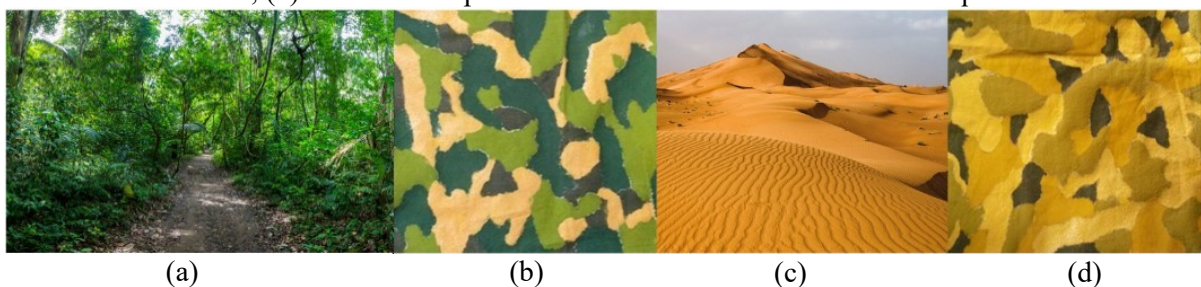


Fonte: Época Negócios (2015).

Outra aplicação muito interessante de biomimética é na camuflagem. Alguns animais apresentam cor, textura e forma do seu corpo que possibilita que se escondam dos predadores, confundindo-os com o meio em se que encontram, garantindo assim sua sobrevivência. A aplicação desse conceito é muito utilizada no vestuário militar, como forma de auxiliar na proteção (DAS et al., 2015). A camuflagem pode ser visual, térmica, infravermelho (IV) e anti-radar (ALI; TIWARI, 2017). Tecidos baseados no camaleão alteram sua cor devido a estímulos externos São muitos os estímulos relacionados aos materiais crômicos para a mudança de cor. Destacam-se: termocrômico (temperatura); fotocrômico (luz); quimocrômico (reações químicas); hidrocromico (umidade); halocrômico (pH); piezocrômico (pressão) e eletrocromico (eletricidade) (KARPAGAM et al., 2017). Karpagam et al. (2017) em sua pesquisa realizou impressões com corantes termocrômicos em tecidos de algodão para simular

a selva. O objetivo era a reprodução do efeito camaleão, proporcionada pela alteração de cor do substrato têxtil, em função da variação de temperatura. A intenção é que a estampa se adapte a diferentes lugares, por exemplo, da selva a um deserto (Figura 16).

Figura 16 – (a) Selva; (b) Tecido estampado funcionalizado com termocrômico antes de aquecer; (c) Deserto; (d) Tecido estampado funcionalizado com termocrômico aquecido.



Fonte: Karpagam et al. (2016); Boobbyer (2017); Hernandez (2013).

2.6.1 Natureza como fonte de inspiração para o desenvolvimento de cor

A fotógrafa Shireen Nadir juntamente com o engenheiro Kyle Vey, desenvolveram cartelas de cores em fios para a criação de peças de roupas a partir de tons encontrados na natureza, em diferentes elementos, como em aves, conforme ilustrado nas Figuras 17 e 18 (PEQUENAS EMPRESAS & GRANDES NEGÓCIOS, 2019)

Figura 17 – Fios tingidos inspirados no pavão.



Fonte: Pequenas Empresas & Grandes Negócios (2019).

Figura 18 – Fios tingidos inspirados em diferentes elementos da natureza.



Fonte: Pequenas Empresas & Grandes Negócios (2019).

Os designers também buscam se inspirar em cores, formas e texturas. Um exemplo é a coleção desenvolvida pela designer Liliya Hudyakova inspirada em elementos da natureza, como flores e paisagens (Figura 19).

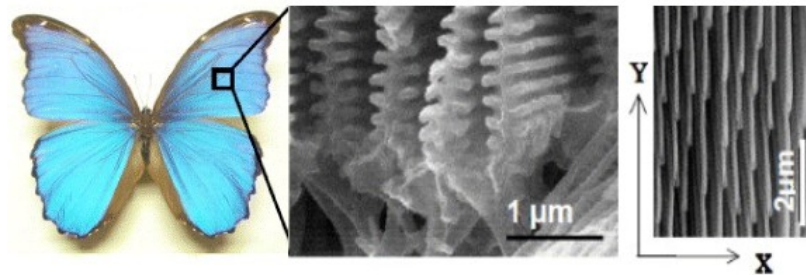
Figura 19 – Coleção inspirada em flores e paisagens.



Fonte: Anzabi (2016).

A cor estrutural, diferente da cor proveniente de corantes e pigmentos, é um efeito físico, percebido a partir de variações de microestruturas a uma escala próxima ao comprimento de onda óptico, ou seja, pode ser definida como uma coloração microestrutural. É encontrada na natureza em alguns seres vivos, como nos besouros *Buprestidae*, em pérolas, borboletas *Morpho didius* e em peixes. Relativamente à borboleta *Morpho didius*, existem diversas pesquisas sobre o tema, e sua coloração azul brilhante ocorre devido à irregularidade da superfície das suas asas, composta por múltiplas camadas (SAITO, 2012).

Figura 20 – (a) Borboleta *Morpho didius*; (b) Imagens de MEV da seção transversal e (c) vista superior da microestrutura da asa.



Fonte: Saito (2012).

2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das informações citadas neste capítulo é possível constatar que a natureza inspira e motiva diversas áreas, influenciando propriedades, como de repelência e armazenamento de água, aspectos visuais, como a camuflagem, e até a reprodução de cores a partir de seus elementos. Tratando-se especificamente deste último, verifica-se que é um estudo particularmente muito interessante, diante dos diversos elementos existentes, e dos parâmetros envolvidos, como a microestrutura e as propriedades colorimétricas dos mesmos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

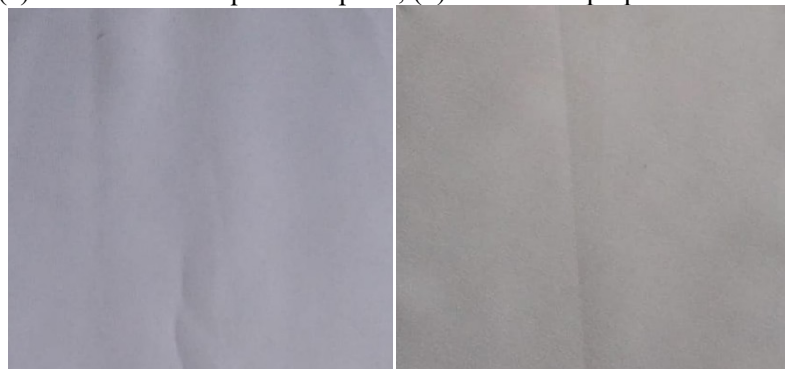
Neste capítulo serão apresentadas as descrições dos materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho. Será apresentada a criação de um banco de dados a partir do espectrofotômetro com diferentes cores e concentrações utilizando tecidos de poliéster. A seguir o banco de dados será empregado para a reprodução de cores a partir da inspiração em determinadas espécies de flores.

3.1 MATERIAIS

3.1.1 Superfícies têxtil

Neste trabalho foram utilizados dois tecidos de PES, ambos em estrutura de tafetá, sendo um com branqueador óptico (Figura 21-a), e o outro convencionalmente preparado (Figura 21-b) fornecido por uma empresa da região do Vale do Itajaí.

Figura 21 – (a) Tecido 1 – branqueador óptico, (b) Tecido 2 – preparado convencionalmente.



(a) Fonte: Autor (2019). (b)

3.1.2 Tingimento e lavagem redutiva

Para o tingimento utilizou-se os seguintes corantes dispersos da marca GOLDEN TECHNOLOGY: Amarelo disperso SE-G; Azul disperso SE-3RT 110%; Vermelho disperso SE-3B; Violeta disperso S2R; Rubi disperso S-G 175; Laranja disperso S-G; Marinho disperso SE-AR; Azul disperso E-R 150% e castanho amarelado disperso S-2R 150%. Foi

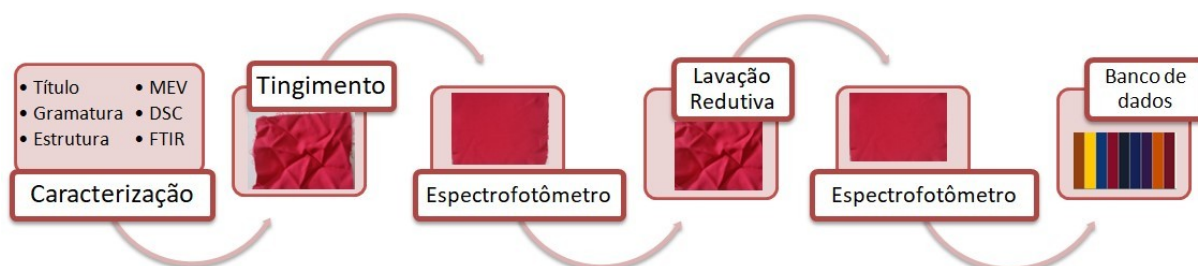
utilizado o produto Goldlevel E-PES (combinação de detergente, dispersante e igualizante) também da marca GOLDEN TECHNOLOGY. Utilizou-se ácido acético para o acerto de pH.

Para o processo da lavagem redutiva utilizou-se o hidróxido de sódio, hidrossulfito de sódio e detergente da marca COLOR QUÍMICA (Coloremulg EMG 441).

3.2 MÉTODOS

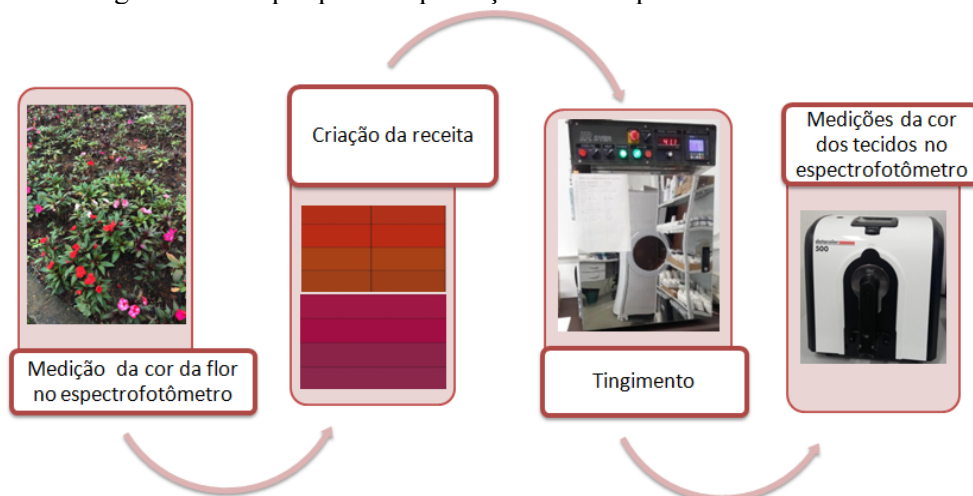
Os tingimentos e as lavagens redutivas foram realizados no Laboratório de Beneficiamento (LABENE). As medições no espectrofotômetro no Laboratório de Cuidados Têxteis (LABCT) e as análises dos substratos no Laboratório de Tecidos e Malhas (LABTEC) – todos localizados na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) do curso de Engenharia Têxtil, Campus Blumenau. Nas Figuras 22 e 23 verificam-se as etapas envolvidas para a realização trabalho.

Figura 22 – Etapas para caracterização dos substratos, análise das coordenadas colorimétricas e desenvolvimento do banco de dados.



Fonte: Autor (2019).

Figura 23 – Etapas para a reprodução da cor a partir da biomimética.



Fonte: Autor (2019).

3.2.1 Caracterização

Primeiramente, os tecidos utilizados foram caracterizados. Para isto, inicialmente, calculou-se os títulos dos fios e a gramatura dos tecidos. Através da consulta de normas foram verificadas as estruturas dos tecidos. Foram utilizadas ainda outras técnicas, como MEV, DSC e FTIR, com o objetivo de estudar estruturalmente, termicamente e quimicamente os substratos utilizados.

3.2.1.1 Título do fio

Para a determinação dos títulos dos fios utilizou-se a norma NBR 13216, sendo essa indicada em casos de comprimentos reduzidos. Foram retirados 10 fios da direção da trama e do urdume. O título do fio foi calculado utilizando a equação 1.

$$Tex = \frac{\text{Massa do corpo - de - prova}}{\text{Comprimento do corpo - de - prova}} \times 1000 \quad (1)$$

Onde a massa do corpo-de-prova é dada em miligramas e o comprimento em milímetros.

3.2.1.2 Gramatura

A determinação da gramatura foi realizada conforme a norma ABNT NBR 10591, onde três amostras foram cortadas com dimensões de 10 x 10 cm e a seguir pesadas utilizando uma balança analítica. Com a informação da massa e da área dos corpos de prova, determina-se sua gramatura (M). A seguir foram realizadas médias aritméticas dos valores obtidos. Os cálculos foram realizados conforme a equação 2.

$$M = \frac{g}{m^2} \times 100 \quad (2)$$

Onde “ g ” representa a massa, “ m^2 ” a área da amostra e M a gramatura calculada.

3.2.1.3 Determinação da estrutura do tecido

Para a determinação do tipo de ligamento das amostras utilizou-se a norma NBR 12996. As amostras foram cortadas com dimensões de 10 x 10 cm, os fios desfiados até formar uma franja de 2 mm, tanto na direção da trama como do urdume, e com auxílio de um conta-fios verificou-se a estrutura das amostras.

3.2.1.4 Microscopia Eletrônica de Varredura

Através dessa análise é possível obter imagens com elevada resolução da superfície dos substratos têxteis. As análises foram realizadas no laboratório de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), no microscópio eletrônico de varredura da marca HITACHI TABLETOP MICROSCOPE TM – 3000.

3.2.1.5 Calorimetria Exploratória Diferencial

Essa análise foi realizada no Laboratório de Materiais (LABMAT) da UFSC, Campus Florianópolis. Utilizou-se o equipamento DSC – TA INSTRUMENT, modelo 2010, com célula de refrigeração acoplada. Para manter o ambiente inerte, foi aplicado o gás de nitrogênio a uma vazão de 60 ml/min, com taxa de aquecimento de 10°C/min.

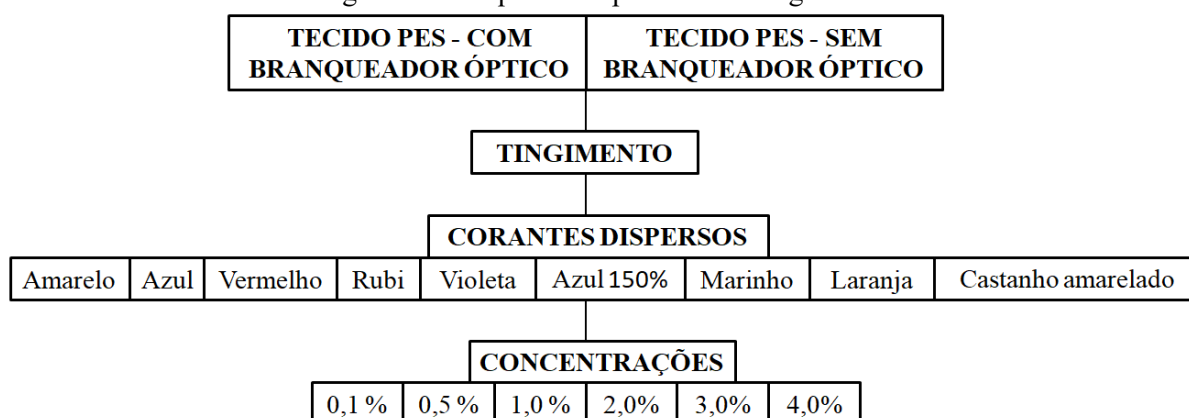
3.2.1.6 Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier

As análises foram realizadas em um espectrofotômetro Frontier FTIR, do fabricante PERKIN ELMER, no laboratório LTE da UFSC, Campus Blumenau. Os espectros foram obtidos em números de onda de 4000 a 450 cm^{-1} . Esta análise tem como objetivo verificar as estruturas moleculares e cadeias químicas dos seus constituintes, neste caso, os tecidos.

3.2.2 Processo de tingimento

Para o tingimento das amostras, os tecidos de PES foram cortados apresentando massa de aproximadamente 1,53g. Observando o esquema da Figura 24 é possível verificar as cores dos corantes e as concentrações utilizadas para a realização do processo de tingimento.

Figura 24 – Esquema do processo de tingimento.



Fonte: Autor (2019).

Os banhos de tingimento foram preparados com relação de banho de 1:20. Cada corante, nas diferentes concentrações, foi utilizado para tingir os dois grupos de tecidos, com branqueador (Tecido 1) e sem branqueador óptico (Tecido 2). Foi utilizada a concentração de 3% em relação ao peso do material, para o auxiliar Goldlevel E-PES. O pH das soluções foi ajustado, quando necessário, obtendo valores entre 4,5-5.

O tingimento foi realizado pelo método por esgotamento no equipamento HT-IR DYER da empresa TEXCONTROL, modelo TC 2200, com aquecimento por infravermelho (IR) (Figura 25). Primeiramente aqueceu-se a solução até 90°C em uma razão de 9°C/minuto. Posteriormente, aqueceu-se até 130°C em uma razão de 2°C/minuto, mantendo-se nessa temperatura por 30 minutos. A seguir, o processo foi resfriado até 80°C com um gradiente de 3°C/minuto, conforme ilustrado na curva de tingimento da Figura 26.

Finalizado o tingimento, as amostras foram lavadas em água corrente e secadas em temperatura ambiente. Após secas, com o objetivo de facilitar o processo de medição no espectrofotômetro, as amostras foram passadas a ferro, garantindo que a superfície estivesse

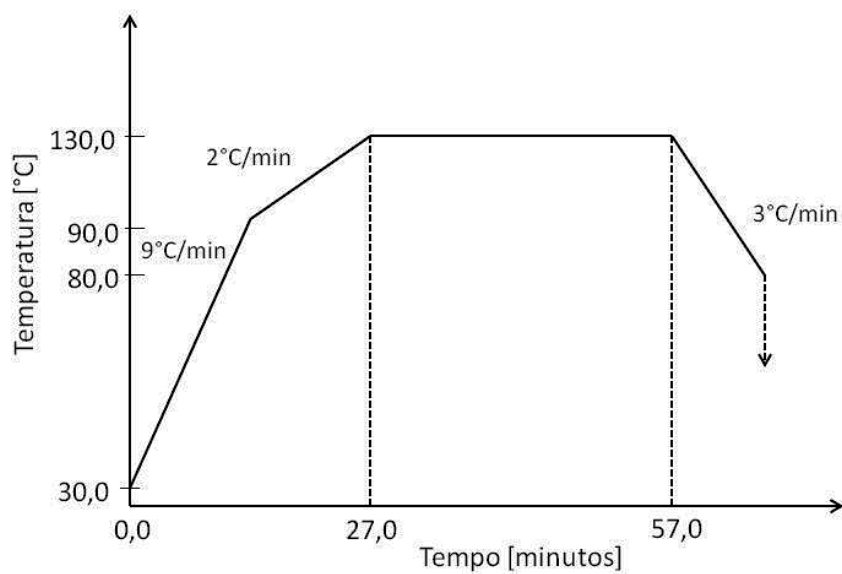
totalmente lisa. Em todas as amostras teve-se o cuidado de inserir um pano sobre a superfície para não ocorrer o contato direto do ferro com os tecidos.

Figura 25 – Máquina de tingimento HT-IR DYER, TEXCONTROL.



Fonte: Autor (2019).

Figura 26 – Curva de tingimento das amostras de PES.



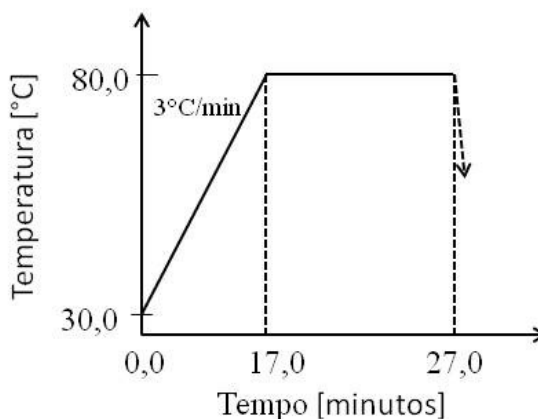
Fonte: Autor (2019).

3.2.3 Lavação redutiva

Após as medições no espectrofotômetro, as amostras tingidas passaram pelo processo de lavagem redutiva, com o objetivo de retirar o corante que não reagiu com a fibra. As concentrações utilizadas foram: 2g/L de hidróxido de sódio, 2g/L de hidrossulfito de sódio e

2g/L de detergente Coloremulg EMG 441. O processo foi realizado no mesmo equipamento utilizado para o tingimento, com temperatura de 80°C por 10 minutos (Figura 27). Após a lavagem redutiva, as amostras foram enxaguadas em água corrente e secas em temperatura ambiente. Após as etapas anteriormente citadas, as amostras foram passadas a ferro, como mencionado no item 3.2.2, para posteriormente serem medidas no espectrofotômetro.

Figura 27 – Processo de lavagem redutiva.



Fonte: Autor (2019).

3.2.4 Análises no espectrofotômetro

As amostras tingidas antes e após a lavagem redutiva foram medidas no equipamento espectrofotômetro da marca DATACOLOR modelo 500, com o iluminante D65, que representa a luz do dia, observador 10° e abertura 9 mm (Figura 28). As medições ocorreram em quatro pontos diferentes de cada amostra. Os cálculos de variação da cor foram calculados conforme a equação 3.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (3)$$

Onde, ΔE representa a diferença de cor, ΔL diferença de cor da coordenada L^* , Δa diferença de cor da coordenada a^* e Δb diferença de cor da coordenada b^* .

Figura 28 – Espectrofotômetro DATACOLOR 500.



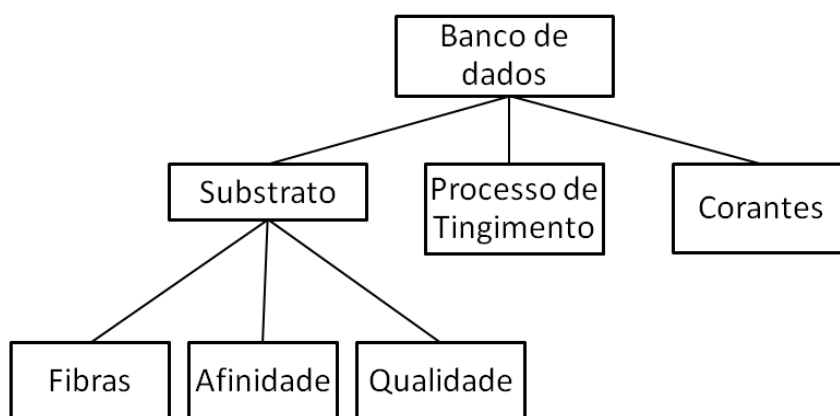
Fonte: Autor (2019).

Os valores de K/S representam a intensidade colorística, ou seja, quanto maior o valor, mais intensa é a cor. Através dos valores de K/S gerados pelo espectrofotômetro, realizou-se o somatório de todos os valores em cada concentração, para que posteriormente fossem utilizados para construir os gráficos.

3.2.5 Banco de dados no espectrofotômetro

O banco de dados foi desenvolvido no espectrofotômetro supracitado, com o auxílio do *software* DataColor Match Textile. A Figura 29 ilustra as etapas referentes ao desenvolvimento do banco de dados.

Figura 29 – Esquema de cadastro dos substratos para o desenvolvimento do banco de dados.



Fonte: Autor (2019).

Primeiramente, realizou-se um cadastro referente ao substrato, ou seja, informações relacionadas ao nome da *fibra* (PES); a *afinidade*, que corresponde à concentração em

percentual da composição do substrato (que nesse caso, para ambos os tecidos foi de 100% PES); e a *qualidade* do artigo que se refere à medição no espectrofotômetro da amostra padrão, sem o processo de tingimento. Posteriormente, criou-se o cadastro do *processo de tingimento*, inserindo informações referentes à temperatura (130°C), classe do corante (disperso), relação de banho (1:20); método de tingimento (esgotamento). Também foi necessário selecionar o grupo de fibras, cadastrado na etapa anterior (Substrato). Logo após, cadastrou-se todos os corantes utilizados para os tingimentos das amostras (etapa *corante*), especificando a força colorística de cada um.







As medições das amostras ocorreram para todos os corantes (Figura 30), em diferentes concentrações, como representado na Figura 31. Ressalta-se que o manual do equipamento recomenda que as medições apresentem desvio padrão inferior a 0,3. Todo esse processo foi realizado para os tecidos com e sem alvejante óptico.

Figura 30 – Cadastro de corante.

RGB	Calibração[9]
	CAST. AMAR. DISP. 5-2R
	AMARELO DISPERSO SE-G
	AZUL DISPERSO E-R 150%
	VERMELHO DISP. SE- 3B
	MARINHO DISPERSO SE-AR
	AZUL DISPERSO SE-3RT 110%
	VIOLETA DISPERSO S2R
	LARANJA DISPERSO S-G
	RUBI DISPERSO S-G 175

Fonte: DataColor Match Textile (2019).

Figura 31 – Cadastro de concentrações.

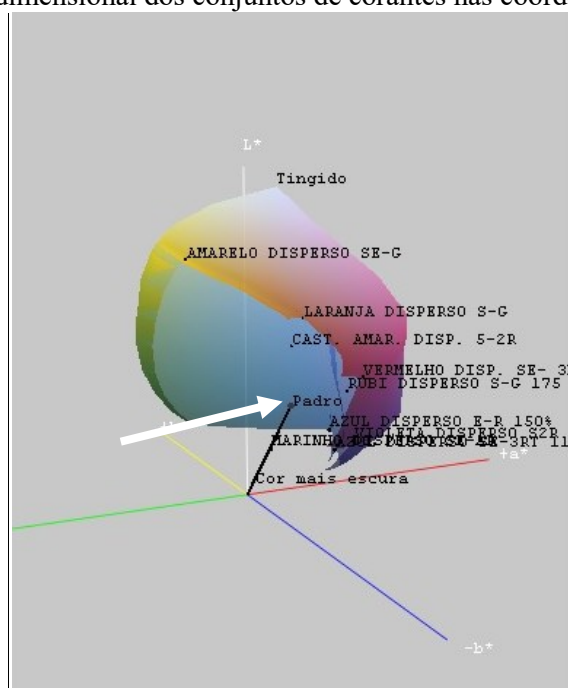
RGB	Amostra cal.[6]
	CAST. AMAR. DISP. 5-2R (2) [0.1]
	CAST. AMAR. DISP. 5-2R (2) [0.5]
	CAST. AMAR. DISP. 5-2R (2) [1.0]
	CAST. AMAR. DISP. 5-2R (2) [2.0]
	CAST. AMAR. DISP. 5-2R (2) [3.0]
	CAST. AMAR. DISP. 5-2R (2) [4.0]

Fonte: DataColor Match Textile (2019).

Após a criação do banco de dados das cores, é possível criar a receita de tingimento. Primeiramente, necessita-se fazer a medição da cor desejada no espectrofotômetro, para que possa ser reproduzida. E após isso, através do gráfico do espaço tridimensional dos conjuntos

de cores, é possível selecionar um conjunto de corantes que será utilizado para formular a receita, sendo que a área gerada pelas cores deve cobrir a cor que pretende ser alcançada, conforme demonstrado na Figura 32. Além disso, é possível selecionar o número mínimo e máximo de corantes na receita, que nesse caso foram de 1 até 3 corantes, e definir o iluminante (D65). Após a escolha de todos os itens citados anteriormente, calcula-se a receita. O programa oferece diferentes receitas com valores de ΔE variáveis. Neste trabalho foi sempre selecionada a receita com o menor valor de ΔE .

Figura 32 – Espaço tridimensional dos conjuntos de corantes nas coordenadas $L^*a^*b^*$.



Fonte: DataColor Match Textile (2019).

3.2.6 Reprodução de cores a partir de substratos naturais

As receitas do espectrofotômetro foram produzidas no *software* DataColor Match Textile, a partir do banco de dados criado anteriormente. Para isso escolheu-se elementos orgânicos do jardim da prefeitura de Blumenau: duas espécies de flores (Tagete e Impaties) e uma folhagem (Trapoeraba roxa) (Figura 33), as quais foram submetidas a medições no espectrofotômetro para definição de suas propriedades colorimétricas.

Figura 33 – Flores do jardim da prefeitura de Blumenau: (a) Tagete (amarela); (b) Impaties (rosa); (c) Impaties (laranja); (d) Trapoeraba roxa (folha roxa).



Fonte: Autor (2019).

3.2.6.1 Interferometria de Luz Branca

A técnica de interferometria óptica de luz branca foi realizada no interferômetro Zygo NewView 7300, no Laboratório de Materiais (LABMAT) da UFSC, Campus Florianópolis. Utilizou-se para tratamento o *software* MountainsMap Universal. A interferometria é uma técnica que faz medição através do fenômeno da interferência de ondas eletromagnéticas, geralmente no comprimento de onda do espectro visível. Consiste na emissão de um feixe de luz, o qual é dividido em duas partes através de um espelho divisor de feixes. Os feixes são emitidos para um espelho (um feixe para o espelho móvel e outro para o espelho fixo); ao serem refletidos ocorre a sobreposição dos dois feixes e forma-se um padrão de interferência. A partir da qual podem ser detectadas pequenas variações dos diferentes percursos ópticos, entre esses dois feixes (MARCO, 2018).

3.2.6.2 Microscopia Ótica

Para avaliação da superfície das amostras de tecido e das flores em estudo foi utilizado o microscópio digital Zoom 1000X MP profissional, 8 Leds com luz branca.

3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das técnicas definidas e apresentadas nesse capítulo, verifica-se a importância do conjunto de métodos, no desenvolvimento experimental, que será utilizado nesse estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo será apresentado os resultados das análises realizadas nesse trabalho, com suas respectivas discussões. Primeiramente, serão mostrados os dados obtidos após as caracterizações estruturais, morfológicas, térmicas e químicas das amostras. Posteriormente, os valores das coordenadas colorimétricas, $L^*a^*b^*$, os valores de Delta E e força colorística, após o tingimento e após lavagem redutiva. E por fim, o comportamento tintorial obtido a partir do banco de dados desenvolvido.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS TECIDOS PLANOS

4.1.1 Título do fio

O título do fio é definido pela relação entre a massa e o seu comprimento, levando em consideração o sistema direto. Na Tabela 2 e 3 é possível observar os valores dos comprimentos dos fios de urdume e trama para o tecido 1 e o tecido 2, respectivamente. Para o tecido 1, os fios de urdume e de trama apresentaram a massa de 7,09 mg, cada um. O tecido 2 teve uma massa de 2,28 mg na direção do urdume, e 3,38 mg na direção da trama. Os títulos médios obtidos para o tecido 1 e o tecido 2, calculados conforme a equação 1, estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 2 – Comprimento dos fios na direção do urdume e trama – tecido 1.

Amostras	Fios no urdume	Fios na trama
	Comprimento [mm]	Comprimento [mm]
1	394,0	400,0
2	395,0	402,0
3	394,0	400,0
4	394,0	400,0
5	396,0	401,0
6	393,0	404,0
7	394,0	400,0
8	395,0	401,0
9	395,0	400,0
10	398,0	399,0
Média	394,8	400,7
Desvio Padrão	0,1	0,1

Fonte: Autor (2019).

Tabela 3 – Comprimento dos fios na direção do urdume e trama – tecido 2.

Amostras	Fios no urdume	Fios na trama
	Comprimento [mm]	Comprimento [mm]
1	435,0	433,0
2	432,0	436,0
3	432,0	438,0
4	439,0	437,0
5	439,0	441,0
6	409,0	439,0
7	435,0	433,0
8	441,0	439,0
9	439,0	441,0
10	444,0	443,0
Média	444,0	443,0
Desvio Padrão	0,9	0,3

Fonte: Autor (2019).

Tabela 4 – Título dos fios de urdume e de trama, dos tecidos 1 e 2.

Tecidos	Fios no urdume		Fios na trama	
	Título [Tex]	Desvio Padrão	Título [Tex]	Desvio Padrão
1	18,00	0,06	18,00	0,06
2	5,10	0,12	7,60	0,06

Fonte: Autor (2019).

4.1.2 Gramatura

As amostras cortadas de acordo com o item 3.2.1.2, foram pesadas e os valores obtidos estão descritos na Tabela 5. Com a média dos valores da massa, calculou-se a gramatura dos dois tecidos. A gramatura média aproximada dos tecidos 1 e 2, calculada conforme a equação 2, é apresentada na Tabela 6. Juntamente com o título, trata-se de um parâmetro que influencia as características dos tecidos, como o fator de cobertura e o toque.

Tabela 5 – Massa das amostras dos tecidos com dimensão de 10x10 cm.

Amostra	Tecido 1 [g]	Tecido 2 [g]
1	1,0115	0,8004
2	1,0158	0,7941
3	1,0053	0,8052
Média	1,0109	0,7999
Desvio padrão	0,0053	0,0056

Fonte: Autor (2019).

Tabela 6 – Gramatura média dos tecidos 1 e 2.

Tecidos	Gramatura [g/m^2]	Desvio Padrão
1	101,09	0,53
2	80,00	0,56

Fonte: Autor (2019).

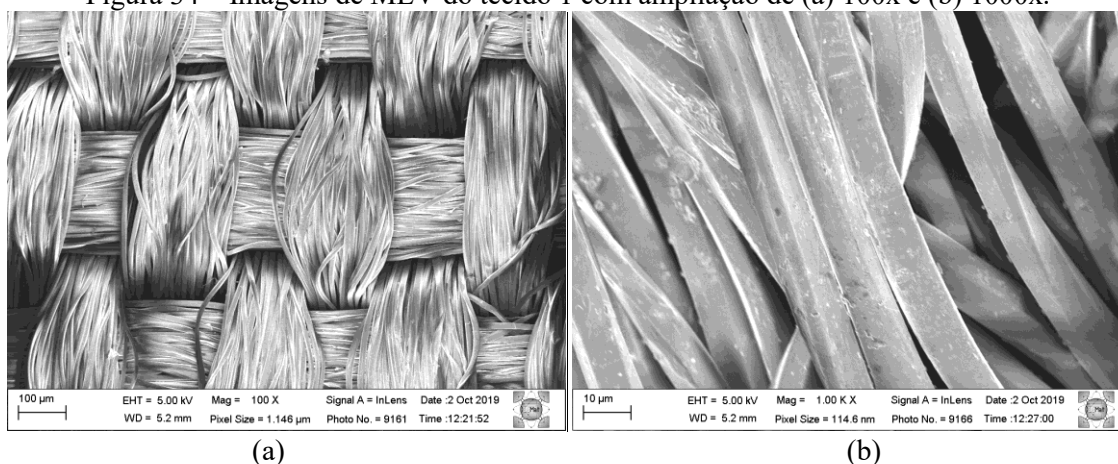
4.1.3 Estrutura

Analisando os tecidos conforme verificado no item 3.2.1.3, juntamente com as imagens de MEV apresentadas a seguir (Figuras 34 e 35), verificou-se que ambos (tecido 1 e tecido 2) apresentam a estrutura tafetá.

4.1.4 Microscopia Eletrônica de Varredura

As análises de MEV permitem confirmar a estrutura dos tecidos 1 e 2. Na Figura 34-a observa-se a estrutura tafetá do tecido alvejado, na Figura 34-b é possível observar a uniformidade da fibra de poliéster.

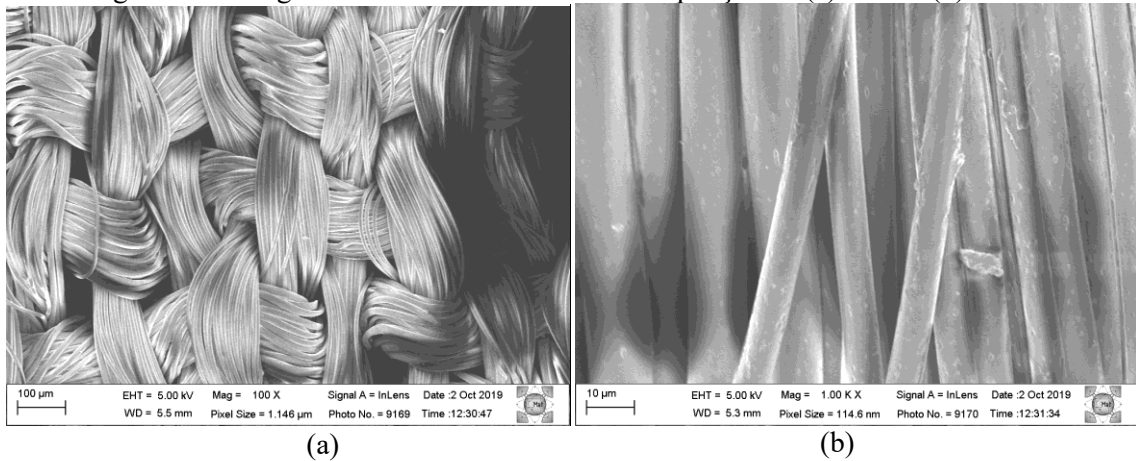
Figura 34 – Imagens de MEV do tecido 1 com ampliação de (a) 100x e (b) 1000x.



Fonte: Autor (2019).

Na Figura 35-a é possível verificar a estrutura tafetá do tecido 2. Observa-se a presença de pequenos aglomerados na fibra (Figura 35-b), podendo representar a presença de oligômeros ou mesmo impurezas provenientes dos processos anteriores de preparação.

Figura 35 – Imagens de MEV do tecido 2 com ampliação de (a) 100x e (b) 1000x.

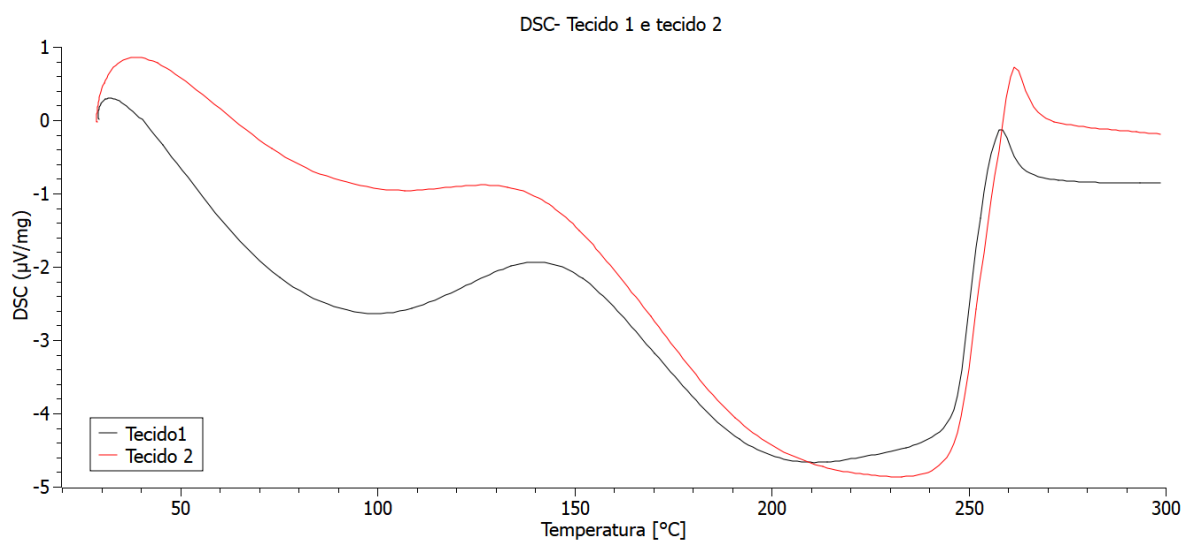


Fonte: Autor (2019).

4.1.5 Calorimetria Exploratória Diferencial

A análise do DSC foi realizada para verificar como os tecidos em estudo se comportavam com a elevação da temperatura. Inicialmente, verifica-se um comportamento similar entre as duas amostras. Entre os 80°C e 120°C verifica-se a perda de umidade dos substratos. Entre 200 a 250°C, verifica-se a temperatura de fusão característica do poliéster, corroborando com a premissa de ambos serem tecidos compostos exclusivamente por este polímero.

Gráfico 2 – Análise de DSC do tecido 1 e do tecido 2.

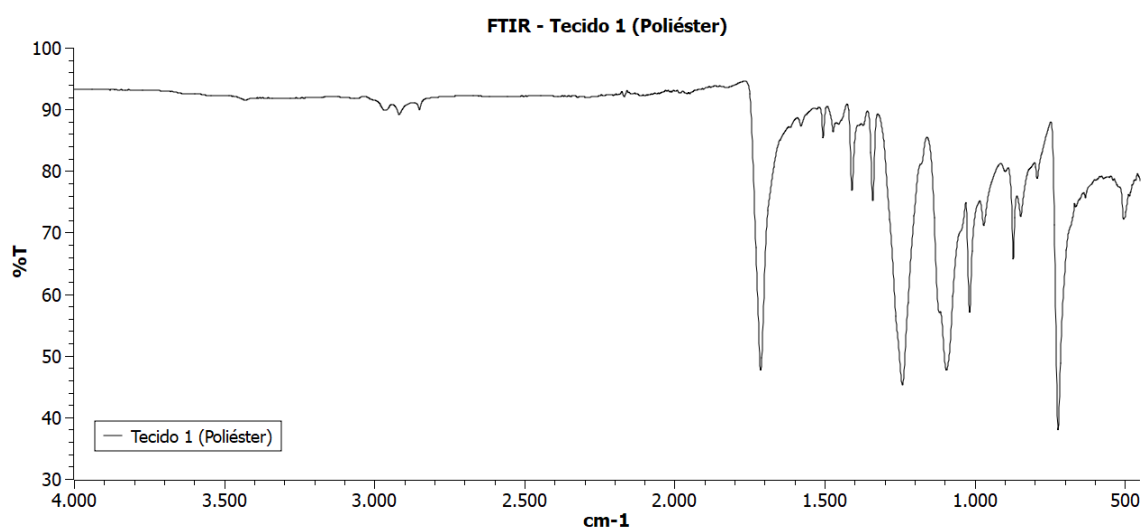


Fonte: Autor (2019).

4.1.6 Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier

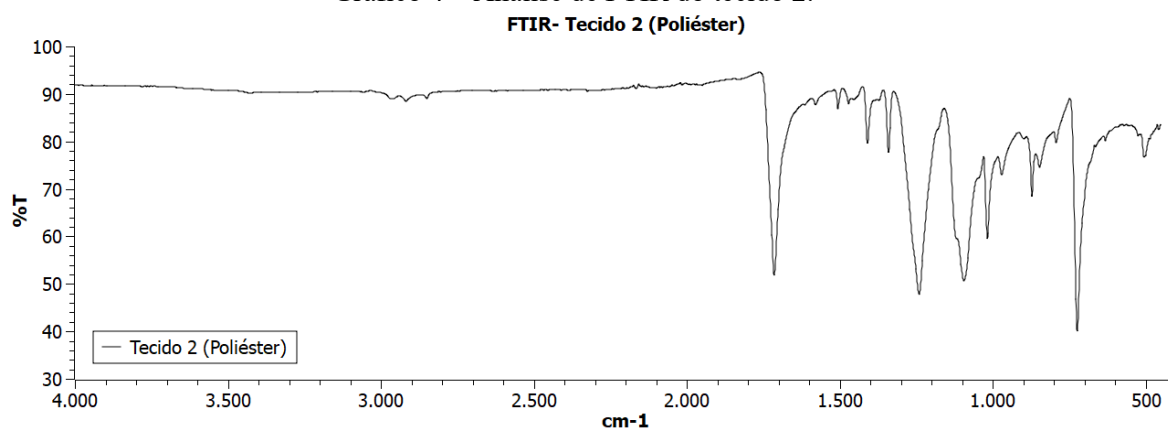
Como complemento da investigação sobre a composição dos tecidos, realizou-se também a análise de FTIR. Os Gráficos 3 e 4 apresentam os picos correspondente ao tecido 1 e o tecido 2, respectivamente.

Gráfico 3 – Análise de FTIR do tecido 1.



Fonte: Autor (2019).

Gráfico 4 – Análise de FTIR do tecido 2.



Fonte: Autor (2019).

A partir dos gráficos apresentados é possível verificar que os dois tecidos apresentaram diferenças pouco significativas quando comparados os seus respectivos picos. Para ambos os gráficos, o pico entre a faixa de aproximadamente $1800\text{-}1600\text{ cm}^{-1}$ corresponde

à presença de éster contida na fibra. Segundo Bhattacharya e Chaudhari (2014), que estudaram a fibra de poliéster, o pico próximo à banda de 1700 cm^{-1} evidencia a presença da ligação C=O; a faixa aproximada de 1400 cm^{-1} é responsável pela presença de um anel aromático, e 1100 cm^{-1} nota-se a presença de álcool secundário. Todas estas informações apresentadas confirmam que os tecidos são realmente derivados da fibra de poliéster.

4.2 PROCESSO DE TINGIMENTO PARA A ELABORAÇÃO DO BANCO DE DADOS

Para a realização do banco de dados, conforme já mencionado, é recomendado pelo manual do *software* DataColor Math Textile, que as amostras apresentem diferença de cor inferior a 0,3. As análises foram realizadas com os tecidos após a lavagem redutiva e a medição do espectrofotômetro ocorreu em quatro pontos diferentes das amostras. Conforme apresentado na Tabela 7, verifica-se através a diferença de cor dos tecidos 1 e 2, que nenhum valor ultrapassou o limite estabelecido, o que evidencia uma excelente uniformidade dos tingimentos realizados.

Tabela 7 – Diferença de cor do tecido 1 e tecido 2 para as diferentes concentrações de corantes disperso.

Cor	Tecido 1				Tecido 2							
	Concentração [%]											
	0,1	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	0,1	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
Amarelo	0,03	0,10	0,03	0,12	0,18	0,02	0,07	0,22	0,10	0,03	0,11	0,20
Azul 110%	0,09	0,11	0,08	0,08	0,16	0,05	0,10	0,09	0,07	0,08	0,07	0,21
Azul 150%	0,08	0,09	0,04	0,13	0,03	0,09	0,04	0,04	0,13	0,17	0,06	0,09
Castanho	0,05	0,16	0,06	0,09	0,06	0,16	0,15	0,11	0,10	0,24	0,21	0,12
Laranja	0,11	0,06	0,18	0,09	0,05	0,11	0,06	0,21	0,21	0,06	0,10	0,15
Marinho	0,13	0,09	0,04	0,10	0,10	0,07	0,13	0,08	0,03	0,10	0,11	0,08
Rubi	0,03	0,06	0,04	0,09	0,03	0,15	0,09	0,11	0,05	0,06	0,14	0,04
Vermelho	0,08	0,03	0,10	0,08	0,06	0,05	0,10	0,03	0,05	0,03	0,05	0,17
Violeta	0,06	0,15	0,09	0,08	0,11	0,01	0,10	0,22	0,08	0,10	0,11	0,12

Fonte: Autor (2019).

4.2.1 Coordenadas colorimétricas L*a*b*

O Delta E (ΔE) calcula a distância geométrica entre dois pontos no espaço de cor, e desta forma, obtém-se um número que representa a diferença de cor. As amostras tingidas foram medidas no espectrofotômetro antes e após a lavagem redutiva, para verificar se esse processo interfere significativamente na alteração da cor dos substratos, conforme apresentado

na Tabela 8 e 9. As cores que apresentaram o valor de ΔE maior que 1 tiveram uma variação visual perceptível da cor. Salienta-se que nos casos que os valores de ΔE estejam elevados, existem diferenças visuais na cor. Desta forma, o processo de lavagem redutiva torna-se essencial para remover o corante não fixado à fibra, garantindo um banco de dados mais confiável.

Tabela 8 – Coordenadas L*a*b* do tecido 1, após e antes à lavagem redutiva.

Cor	Concentração [%]	L*		a*		b*		ΔE
		Redutor		Redutor		Redutor		
		Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	
Amarelo	0,1	86,16	86,23	-6,45	-6,63	56,89	55,81	1,10
	0,5	82,80	83,34	-2,15	-2,53	86,64	86,33	0,73
	1,0	80,69	81,44	1,30	0,80	94,37	95,02	1,11
	2,0	78,73	79,64	5,09	4,60	97,35	98,73	1,72
	3,0	76,11	75,38	7,71	9,30	96,67	95,31	2,22
	4,0	76,90	76,52	10,80	12,01	99,00	97,51	1,96
Azul 110%	0,1	64,69	65,16	3,98	3,83	-32,27	-32,33	0,50
	0,5	44,54	45,13	6,30	6,80	-39,38	-40,00	0,99
	1,0	34,61	35,15	9,10	9,67	-40,30	-41,05	1,09
	2,0	26,46	27,48	12,03	12,43	-37,99	-38,85	1,39
	3,0	22,54	23,62	13,00	13,42	-35,09	-36,07	1,52
	4,0	20,60	20,88	12,75	13,33	-31,73	-32,64	1,11
Azul 150%	0,1	71,01	70,85	-2,33	-3,21	-32,92	-30,81	2,29
	0,5	53,69	53,70	-2,62	-3,05	-39,48	-38,82	0,79
	1,0	44,39	44,64	-0,85	-0,95	-40,85	-40,94	0,28
	2,0	35,89	36,26	2,75	2,82	-40,92	-41,33	0,56
	3,0	31,03	31,53	5,86	5,87	-40,40	-40,84	0,67
	4,0	27,87	27,86	7,80	8,01	-38,78	-39,15	0,43
Castanho	0,1	77,56	77,51	13,21	12,72	23,86	25,11	1,34
	0,5	64,48	64,98	24,32	24,60	42,83	43,50	0,88
	1,0	57,37	57,72	29,57	29,44	47,79	47,95	0,41
	2,0	50,22	50,32	33,51	33,43	47,70	48,11	0,43
	3,0	45,43	45,55	36,01	35,94	44,88	45,15	0,30

Cor	Concentração [%]	L*		a*		b*		ΔE
		Redutor		Redutor		Redutor		
		Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	
Laranja	4,0	42,34	42,51	36,00	35,78	41,50	41,53	0,28
	0,1	77,75	78,13	16,19	15,60	25,84	25,98	0,72
	0,5	67,79	68,45	31,35	30,78	50,04	50,71	1,10
	1,0	61,71	62,21	38,87	38,53	57,74	58,25	0,79
	2,0	56,62	56,98	45,04	44,75	60,40	60,99	0,75
	3,0	54,40	55,10	49,15	48,78	61,34	61,76	0,90
	4,0	51,48	52,24	50,00	49,91	58,05	58,88	1,13
	Marinho	0,1	62,71	62,56	-0,89	-0,89	-23,78	-23,56
0,5		39,36	39,38	-0,98	-0,99	-25,62	-25,69	0,07
1,0		30,43	29,96	0,25	0,32	-24,13	-24,30	0,50
2,0		22,03	22,37	2,31	2,31	-19,77	-19,79	0,34
3,0		19,07	19,20	2,83	2,78	-15,65	-15,83	0,23
4,0		18,34	17,81	2,75	2,79	-12,50	-12,74	0,58
Rubi	0,1	62,59	62,75	38,53	38,55	-9,17	-8,52	0,67
	0,5	46,15	46,23	50,47	50,90	-0,80	-0,18	0,76
	1,0	39,63	39,98	52,33	53,02	4,56	5,46	1,19
	2,0	33,75	34,11	49,81	50,86	9,05	10,19	1,59
	3,0	30,60	30,93	46,76	47,99	11,53	12,55	1,63
	4,0	29,19	28,93	43,00	44,35	11,45	12,61	1,80
Vermelho	0,1	64,31	64,04	44,28	44,78	-11,12	-11,05	0,57
	0,5	48,35	48,61	59,17	59,24	-1,69	-1,37	0,42
	1,0	42,09	42,31	60,79	60,92	4,97	5,37	0,47
	2,0	37,05	37,27	58,35	58,68	11,58	11,77	0,44
	3,0	34,18	34,42	55,29	55,69	14,95	15,15	0,51
	4,0	32,92	33,16	52,31	52,71	16,02	16,22	0,51
Violeta	0,1	59,55	59,86	23,12	21,90	-37,04	-34,24	3,07
	0,5	38,90	39,16	30,60	30,36	-39,46	-38,52	1,00
	1,0	30,01	30,28	31,93	32,06	-37,49	-37,22	0,40
	2,0	23,33	23,76	29,16	29,42	-31,84	-31,94	0,51

Cor	Concentração [%]	L*		a*		b*		ΔE
		Redutor		Redutor		Redutor		
		Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	
	3,0	21,06	21,19	25,67	26,18	-27,33	-27,48	0,55
	4,0	19,94	20,35	23,60	24,16	-24,74	-24,99	0,74

Fonte: Autor (2019).

Tabela 9 – Coordenadas L*a*b* do tecido 2, antes e após a lavação redutiva.

Cor	Concentração [%]	L*		a*		b*		ΔE
		Redutor		Redutor		Redutor		
		Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	
Amarelo	0,1	86,43	86,66	-4,38	-4,58	70,43	69,92	0,59
	0,5	82,63	83,03	3,13	2,80	94,06	93,92	0,54
	1,0	80,22	80,84	6,94	6,42	99,07	100,13	1,33
	2,0	78,28	78,99	10,66	10,26	101,06	101,50	0,93
	3,0	75,93	74,62	14,30	17,42	98,89	96,85	3,95
	4,0	74,93	72,39	15,62	19,48	97,52	93,51	6,12
Azul 110%	0,1	57,18	57,53	4,57	4,80	-28,13	-28,66	0,68
	0,5	39,33	38,77	5,47	5,98	-34,39	-35,28	1,17
	1,0	30,32	30,94	8,40	8,83	-35,63	-36,12	0,90
	2,0	23,53	23,77	10,35	10,66	-32,54	-33,15	0,73
	3,0	19,92	20,15	10,89	11,12	-29,13	-29,59	0,56
	4,0	18,37	18,94	10,02	10,38	-25,53	-26,14	0,91
Azul 150%	0,1	66,21	66,53	-6,48	-6,29	-27,67	-28,07	0,55
	0,5	46,85	47,24	-2,11	-1,76	-36,61	-36,94	0,62
	1,0	38,77	39,04	0,36	0,70	-37,90	-38,49	0,73
	2,0	30,88	30,97	4,26	4,56	-37,56	-38,18	0,69
	3,0	26,78	26,88	6,80	6,97	-36,27	-36,79	0,56
	4,0	24,60	24,24	8,18	8,46	-34,58	-34,79	0,50
Castanho	0,1	75,14	75,37	18,67	18,86	36,05	36,19	0,33
	0,5	61,19	61,19	29,97	29,70	47,46	46,90	0,62
	1,0	52,73	53,27	32,93	33,65	48,38	48,67	0,95
	2,0	45,16	45,22	35,21	35,46	45,33	45,34	0,26

Cor	Concentração [%]	L*		a*		b*		ΔE
		Redutor		Redutor		Redutor		
		Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	
	3,0	41,05	41,12	36,53	36,62	41,68	41,66	0,12
	4,0	38,18	38,54	36,65	36,74	37,86	37,81	0,37
Laranja	0,1	77,49	77,73	23,02	22,24	39,80	39,33	0,94
	0,5	64,82	65,23	37,49	37,04	55,07	55,21	0,62
	1,0	60,28	61,24	44,67	44,17	62,22	62,63	1,16
	2,0	55,39	55,88	49,57	49,60	62,57	63,33	0,90
	3,0	51,86	52,39	51,53	51,73	59,90	60,61	0,91
	4,0	50,13	50,75	53,27	53,67	58,35	58,83	0,88
Marinho	0,1	56,48	56,10	-2,01	-2,18	-19,66	-19,74	0,42
	0,5	35,09	34,90	-0,84	-0,82	-22,09	-22,03	0,20
	1,0	25,95	25,29	0,67	0,75	-20,15	-20,35	0,69
	2,0	20,07	19,15	2,07	2,13	-15,86	-15,83	0,92
	3,0	17,07	17,72	2,44	2,44	-11,95	-11,99	0,65
	4,0	15,96	16,11	2,33	2,25	-8,44	-8,58	0,22
Rubi	0,1	59,68	59,33	43,57	43,84	-1,81	-1,68	0,46
	0,5	42,74	42,34	51,47	51,95	3,70	4,28	0,85
	1,0	36,44	36,46	51,57	52,09	7,61	8,15	0,75
	2,0	31,27	31,08	48,06	48,76	11,55	12,19	0,97
	3,0	28,96	28,80	44,62	45,32	13,02	13,73	1,01
	4,0	27,31	26,91	41,47	42,35	13,25	14,11	1,29
Vermelho	0,1	60,47	60,66	49,54	49,52	-4,34	-4,29	0,20
	0,5	45,45	45,70	60,02	60,28	3,65	3,68	0,36
	1,0	39,33	39,53	59,89	60,08	9,33	9,34	0,28
	2,0	34,64	34,74	56,15	56,49	14,59	14,65	0,36
	3,0	31,97	32,02	52,64	52,90	16,87	16,92	0,27
	4,0	30,73	30,68	50,57	50,31	17,64	17,69	0,27
Violeta	0,1	53,85	53,83	22,68	22,68	-31,46	-31,28	0,18
	0,5	34,04	34,27	29,25	29,37	-34,78	-34,85	0,27
	1,0	26,73	26,82	29,43	29,40	-32,66	-32,62	0,10

Cor	Concentração [%]	L*		a*		b*		ΔE
		Redutor		Redutor		Redutor		
		Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	
	2,0	21,66	21,21	25,67	25,78	-27,08	-27,01	0,47
	3,0	19,37	19,46	21,36	21,70	-21,86	-22,12	0,44
	4,0	17,72	18,28	19,02	19,77	-19,09	-19,81	1,18

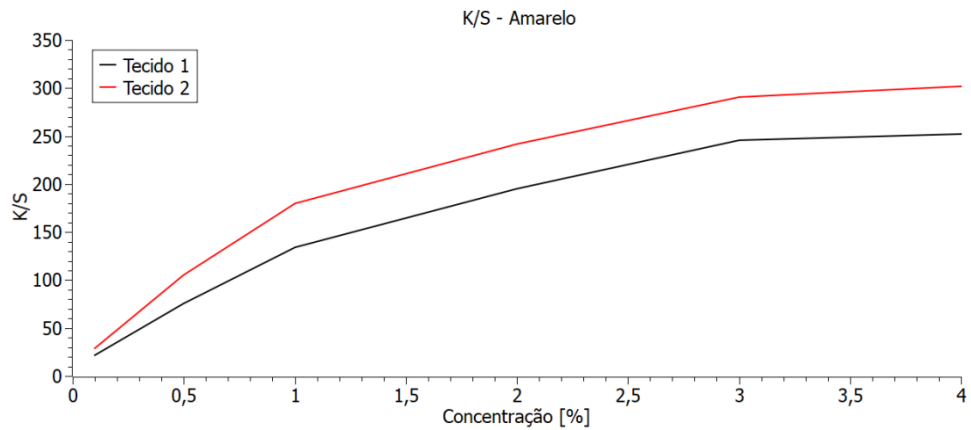
Fonte: Autor (2019).

Para ambas as tabelas, conforme aumenta a concentração dos corantes, menor é o valor da coordenada L*. Isso é esperado, justamente porque quanto menor o valor de L* mais escura é a amostra. Além disso, nota-se que para o corante amarelo, houveram elevados valores da coordenada b*. O que também é justificável, uma vez que o aumento do valor positivo desta da coordenada está relacionado à presença da cor amarela. Isso também ocorre para as cores com o corante de cor castanho e laranja. Já quanto mais negativo o valor da coordenada b*, maior é a presença da cor azul. Os corantes com as cores azul 110%, azul 150%, marinho e violeta, apresentaram elevados valores negativos. Para a coordenada a*, quanto mais positivo o valor, nota-se maior presença da cor vermelha. Isso aconteceu de forma mais evidenciada para as cores castanho, laranja, rubi, vermelho e violeta. E quanto mais negativo os valores das coordenadas a*, ocorre maior presença da cor verde.

4.2.2 Força Colorística (K/S)

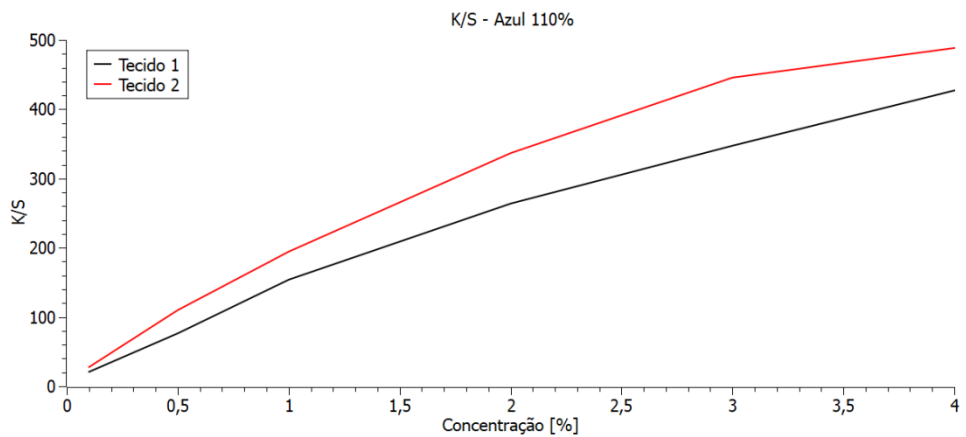
Os valores de K/S foram calculados com o objetivo de comparar a intensidade de cor dos tecidos e verificar a influência do alvejante óptico sobre o tecido 1 nesta propriedade colorística. Analisando os Gráficos 5 ao 13 observa-se um comportamento bastante similar entre todos os corantes estudados. Observou-se ainda que para todas as cores, o tecido 2 apresentou os maiores valores de força colorística para todas as concentrações. Isso é justificável, pela cor base das amostras antes do processo de tingimento, sendo que o tecido 2 apresentava a cor mais amarelada.

Gráfico 5 – K/S dos tecidos tingidos com o corante disperso amarelo.



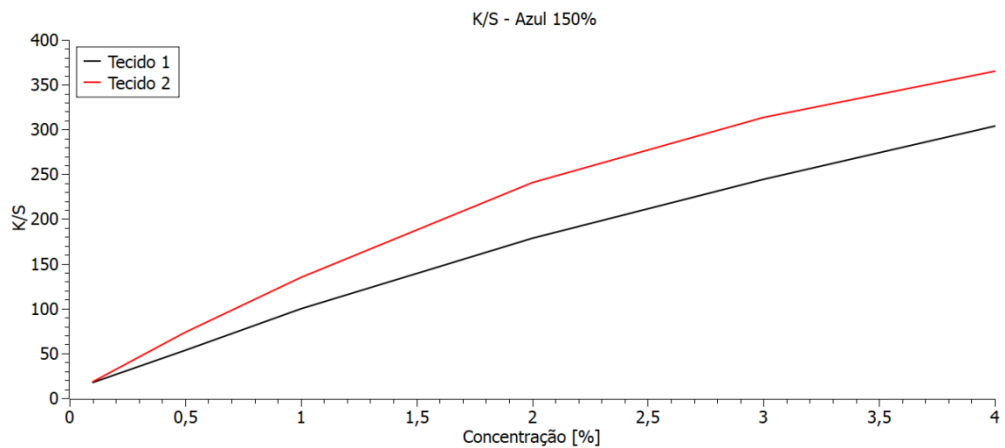
Fonte: Autor (2019).

Gráfico 6 – K/S dos tecidos tingidos com o corante disperso azul 110%.



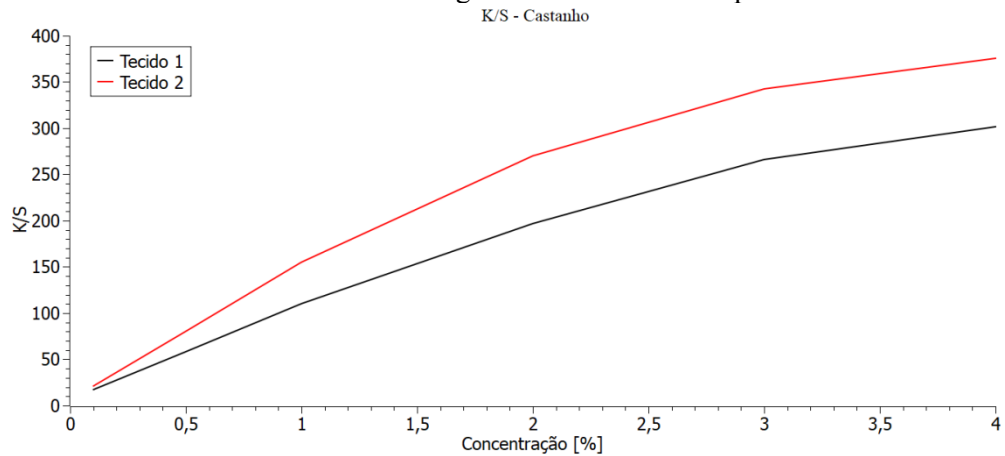
Fonte: Autor (2019).

Gráfico 7 – K/S dos tecidos tingidos com o corante disperso azul 150%.



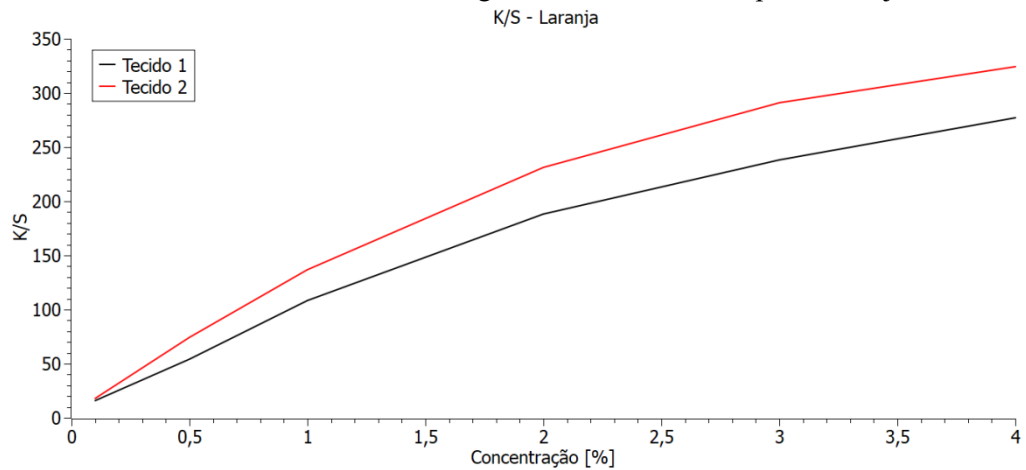
Fonte: Autor (2019).

Gráfico 8 – K/S dos tecidos tingidos com o corante disperso castanho.



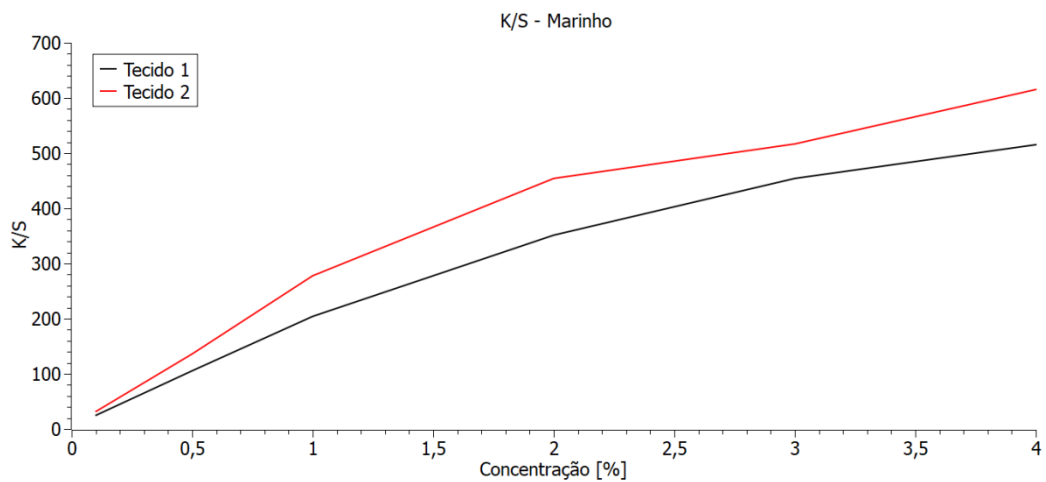
Fonte: Autor (2019).

Gráfico 9 – K/S dos tecidos tingidos com o corante disperso laranja.



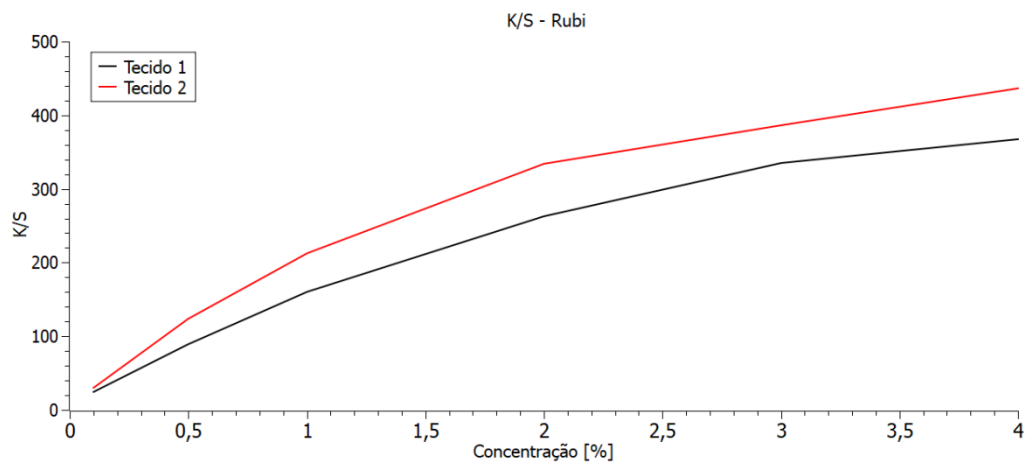
Fonte: Autor (2019).

Gráfico 10 – K/S dos tecidos tingidos com o corante disperso marinho.



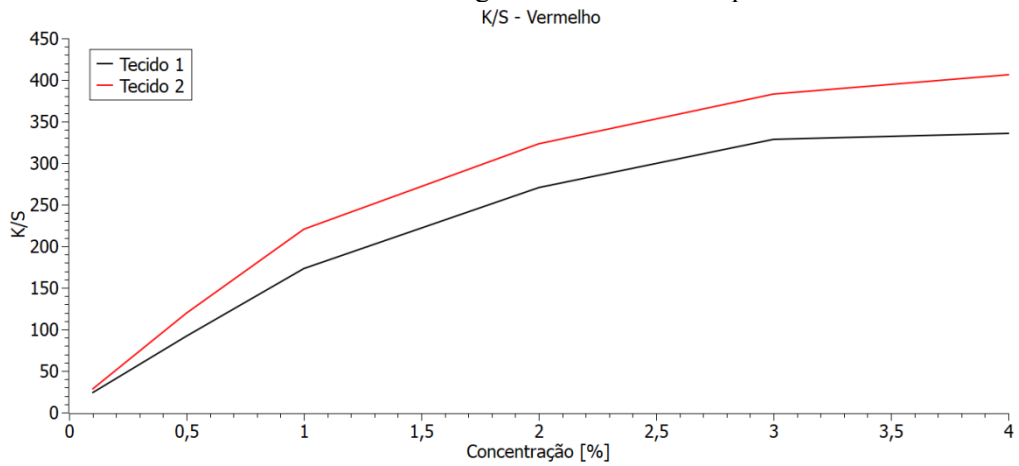
Fonte: Autor (2019).

Gráfico 11 – K/S dos tecidos tingidos com o corante disperso rubi.



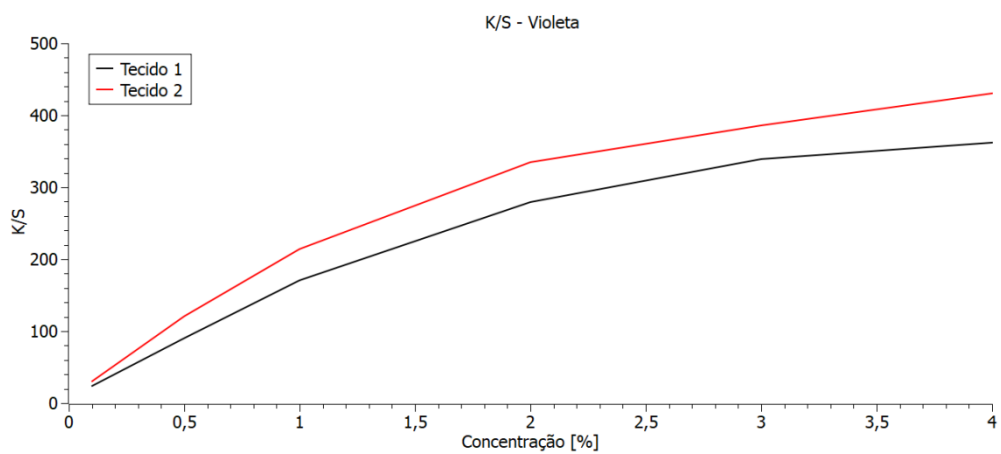
Fonte: Autor (2019).

Gráfico 12 – K/S dos tecidos tingidos com corante disperso vermelho.



Fonte: Autor (2019).

Gráfico 13 – K/S dos tecidos tingidos com o corante disperso violeta.



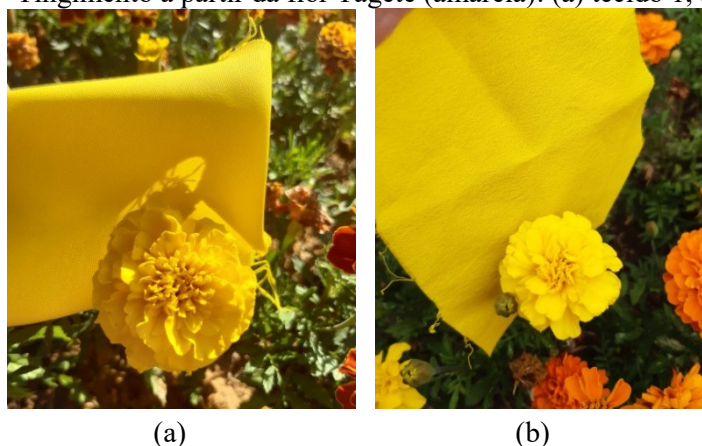
Fonte: Autor (2019).

4.3 TINGIMENTO DOS TECIDOS BIOMIMETIZANDO AS CORES DAS FLORES

Por meio do banco de dados desenvolvido no *software* DataColor Match Textile, criou-se receitas de tingimentos tendo como base as coordenadas colorimétricas das flores estudadas a partir do espectrofotômetro. O *software* apresenta diversas variações de receitas com diferentes valores de ΔE , com a possibilidade de escolher inclusive a receita economicamente mais viável, desde que os valores envolvidos sejam inseridos no banco de dados (Ver em anexo A). Escolheu-se as receitas que apresentaram os menores valores de ΔE (Ver em anexo B). A receita da flor amarela só foi gerada para o tecido 2, pelo fato, do tecido 1 apresentar uma receita com valor de ΔE de 3,73. As receitas só eram geradas com valores de ΔE igual ou menor que 3. Por esse motivo, para o tingimento do tecido 1 na cor amarela utilizou-se a receita do tecido 2. Além disso, nota-se que as receitas para o tecido 2 utilizou-se menor quantidade de corante comparado ao tecido 1. Como já discutido anteriormente, isso acontece devido à coloração mais intensa (maior K/S) do tecido 2.

Os tingimentos dos tecidos realizados a partir das análises colorimétricas das flores obtiveram bons resultados visualmente, conforme verificado nas Figuras 36, 37, 38 e 39. A diferença mais notória é para o tingimento da cor laranja, principalmente com o tecido 2, que apresenta uma saturação mais baixa quando comparada a cor da flor biomimetizada.

Figura 36 – Tingimento a partir da flor Tagete (amarela): (a) tecido 1, (b) tecido 2.



Fonte: Autor (2019).

Figura 37 – Tingimento a partir da flor Impaties (rosa): (a) tecido 1, (b) tecido 2.

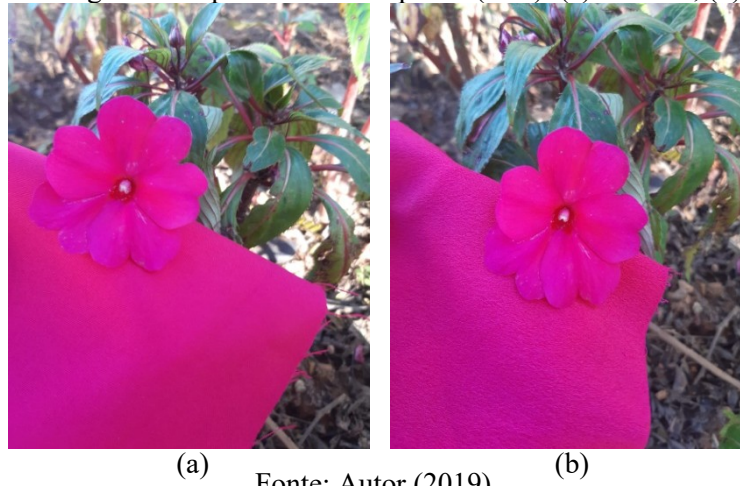


Figura 38 – Tingimento a partir da flor Impaties (laranja): (a) tecido 1, (b) tecido2.

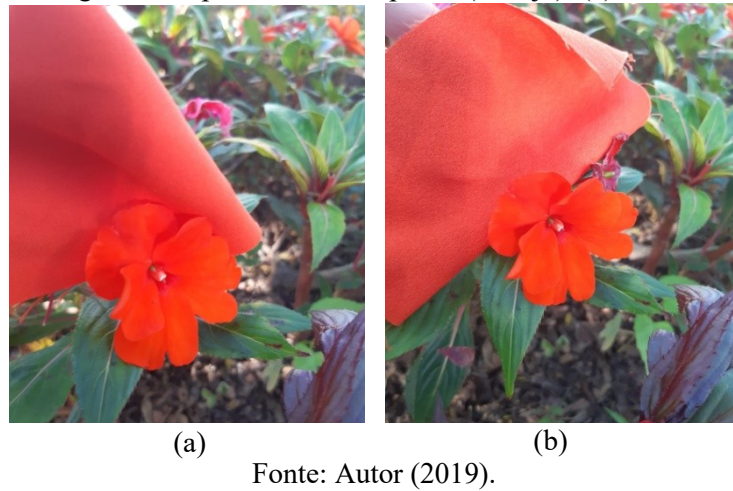
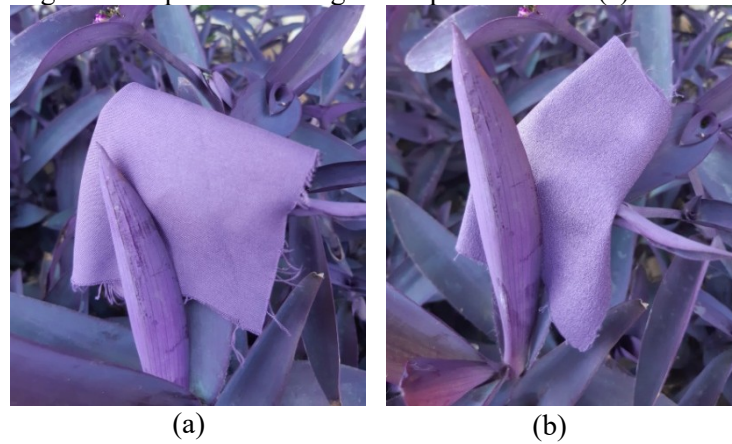
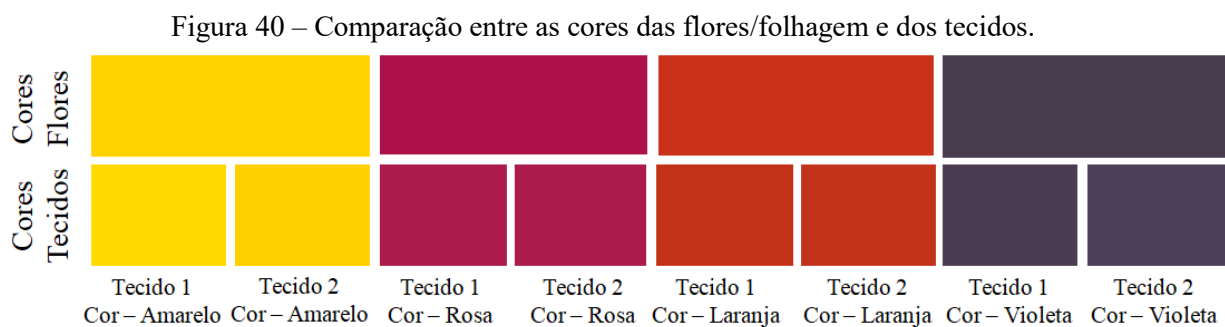


Figura 39 – Tingimento a partir da folhagem Trapoeraba roxa: (a) tecido 1, (b) tecido 2.



Fonte: Autor (2019).

As cores geradas pelo espectrofotômetro dos tecidos e dos materiais biomimetizados (flores e folhagem) são apresentadas na Figura 40. É possível comparar a diferença de cor das flores e da folhagem (representada pela primeira fileira), com a cor dos tecidos (representado na segunda fileira). Verifica-se que é praticamente imperceptível a diferença de cor dos substratos mimetizados quando comparados aos respectivos tecidos.



Fonte: Autor (2019).

4.3.1 Coordenadas $L^*a^*b^*$ das flores e folhagem

As avaliações visuais são bastante subjetivas e imprecisas, sendo que cada indivíduo pode apresentar uma compreensão distinta sobre determinada cor. Por esse motivo, é importante realizar análises quantitativas das amostras, a fim de evitar quaisquer dúvidas em relação às cores. Desta forma, a Tabela 10 mostra os valores de $L^*a^*b^*$ da flor, com abertura de 6,6 mm. As análises foram realizadas apenas com essa abertura, devido à pequena dimensão dos substratos naturais mimetizados (flores e folhagem). A Tabela 11 mostra os valores de $L^*a^*b^*$ dos tecidos tingidos, com abertura de 6,6 mm no espectrofotômetro, a Tabela 12 com abertura de 9,0 mm e a Tabela 13 com abertura de 30,0 mm

Tabela 10 – Coordenadas $L^*a^*b^*$ das flores/folhagem, com abertura 6,6 mm.

Cor	L^*	a^*	b^*
Flor amarela	82,46	8,18	109,38
Flor rosa	38,64	61,39	8,85
Flor laranja	45,91	59,22	43,17
Folha roxa	29,47	11,16	-8,96

Fonte: Autor (2019).

Tabela 11 – Coordenadas L*a*b* dos tecidos, com abertura de 6,6 mm.

Cor	Tecido 1			Tecido 2		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Flor amarela	81,70	3,56	100,78	81,45	9,45	104,78
Flor rosa	39,12	59,95	8,60	39,33	59,11	8,74
Flor laranja	44,95	55,99	40,97	44,61	56,31	42,02
Folha roxa	29,97	13,07	-9,94	31,02	12,21	-11,97

Fonte: Autor (2019).

Tabela 12 – Coordenadas L*a*b* dos tecidos, com abertura de 9,0 mm.

Cor	Tecido 1			Tecido 2		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Flor amarela	81,68	3,49	100,66	81,57	9,94	105,97
Flor rosa	39,24	60,00	8,68	39,13	59,42	9,21
Flor laranja	44,92	56,08	41,24	45,14	56,05	41,65
Folha roxa	30,08	13,11	-9,95	30,70	12,31	-12,06

Fonte: Autor (2019).

Tabela 13 – Coordenadas L*a*b* dos tecidos, com abertura de 30,0 mm.

Cor	Tecido 1			Tecido 2		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Flor amarela	81,82	3,47	100,44	81,82	10,24	106,09
Flor rosa	39,36	60,05	8,75	39,21	59,55	9,43
Flor laranja	44,96	56,09	41,13	45,30	56,25	41,82
Folha roxa	30,23	13,14	-9,93	30,45	12,37	-12,10

Fonte: Autor (2019).

A Tabela 14 apresenta os valores de ΔE obtidos para cada abertura: 6,6 mm; 9,0 mm e 30,0 mm. Este estudo foi realizado com o objetivo de verificar se este parâmetro influencia nos valores de ΔE mensurados. Os valores de ΔE esperado foram obtidos nas receitas de tingimentos geradas a partir do banco de dados.

Tabela 14 – Comparação de ΔE das flores/folhagem e dos tecidos analisados com diferentes aberturas de medição – valor esperado e obtido na prática com diferentes aberturas.

Cor	ΔE esperado		Abertura 6,6 mm		Abertura de 9 mm		Abertura de 30 mm	
	Tecido 1	Tecido 2	Tecido 1	Tecido 2	Tecido 1	Tecido 2	Tecido 1	Tecido 2
	1	2	1	2	1	2	1	2
Amarelo	>3,0	2,72	9,79	4,88	9,93	3,94	10,13	3,93
Rosa	0,55	0,77	1,54	2,38	1,52	2,06	1,52	2,01
Laranja	0,14	0,08	4,02	3,39	3,82	3,60	3,85	3,32
Roxo	0,06	0,13	2,20	3,54	2,27	3,53	2,33	3,50

Fonte: Autor (2019).

Analisando a Tabela 14 verifica-se que a abertura utilizada para as medições no espectrofotômetro altera os valores das coordenadas $L^*a^*b^*$, entretanto, trata-se de variações praticamente imperceptíveis, pois os valores são muito próximos. A diferença mais perceptível do ΔE esperado com o obtido, foi a do tecido 1 amarelo com abertura de 6,6 mm, 9 mm e 30 mm, com valores de Delta E respectivos de 9,79; 9,93 e 10,13. Esse elevado valor de delta E era esperado, pelo fato do tecido 1 ter sido tingido com a mesma receita do tecido 2.

Com o auxílio de um microscópio digital verificou-se a superfície dos tecidos e das flores/folhagem (Figura 41 a 45).

Figura 41 – Imagem ampliada por microscópio digital: (a) tecido 1, (b) tecido 2.

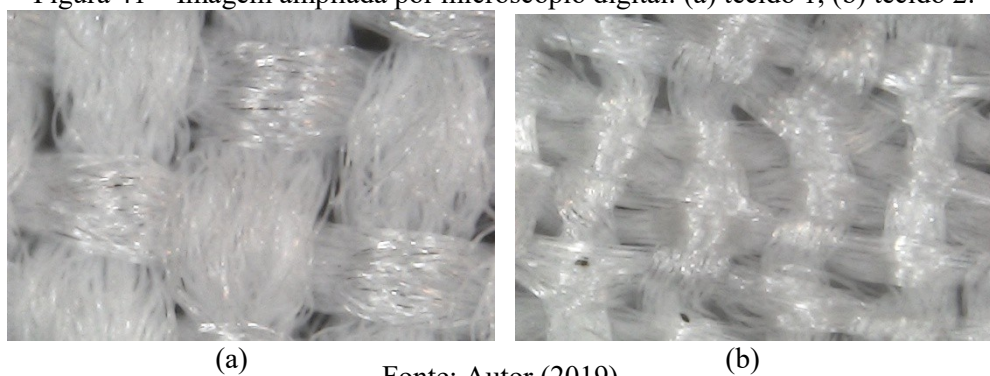


Figura 42 – (a) Flor amarela e (b) imagem ampliada em 1000x da flor Tagete.

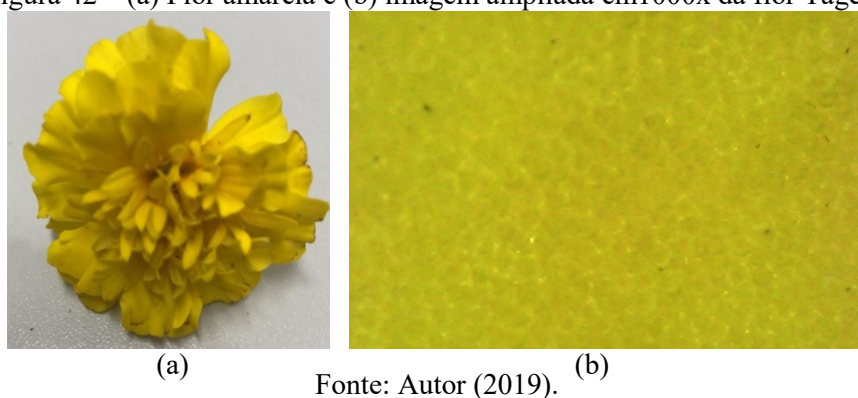
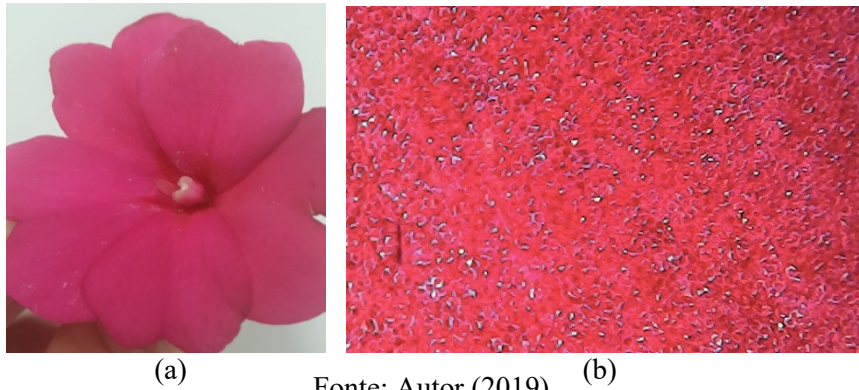
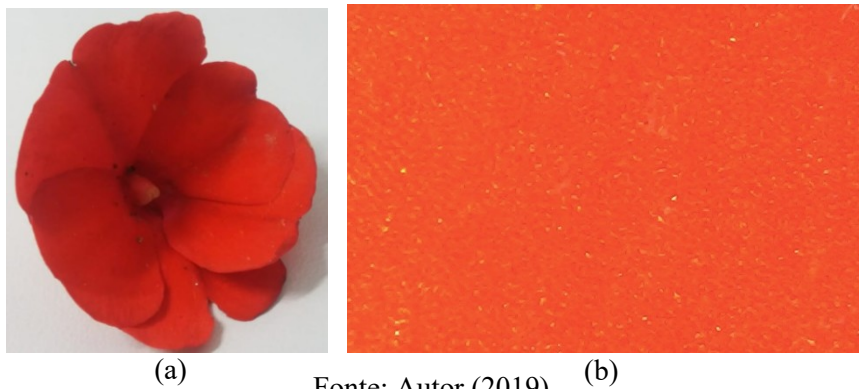


Figura 43 – (a) Flor rosa e (b) imagem ampliada em1000x da flor Impaties.



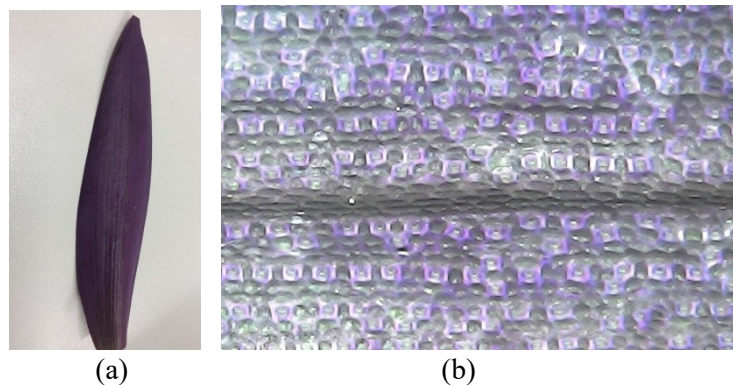
Fonte: Autor (2019). (b)

Figura 44 – (a) Flor laranja e (b) imagem ampliada em1000x da flor Impaties.



Fonte: Autor (2019). (b)

Figura 45 – (a) Folhagem roxa e (b) imagem ampliada em1000x da folhagem Trapoeraba roxa.



Fonte: Autor (2019).

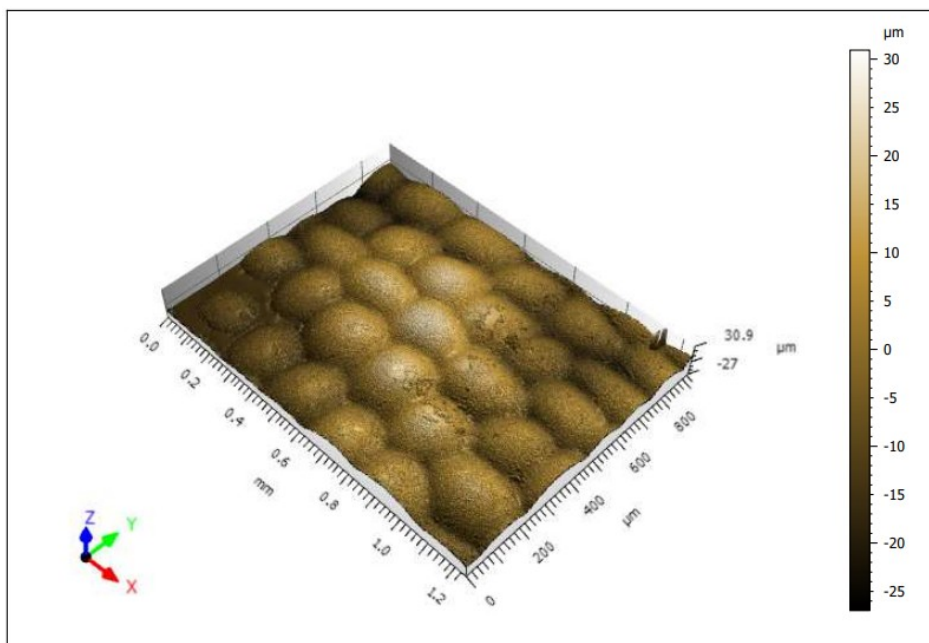
Como verificado na literatura e discutido anteriormente, visualiza-se a cor devido à reflexão da luz que incide sobre determinado objeto. Sendo assim, a estrutura da superfície refletora interfere consideravelmente na cor percebida (BERNS, 2019). Pode-se observar que

os substratos naturais possuem superfícies específicas e notavelmente distintas, assim, como os tecidos. A diferença de ΔE pode estar relacionada com a diferença de rugosidade da superfície e a própria estrutura existente entre o tecido e os materiais naturais. Se a superfície for lisa, destaca-se a componente de reflectância especular; se for mais rugosa, terá mais destaque a reflexão difusa. Portanto, esse fator pode influenciar também nas coordenadas colorimétricas fornecidas pelo espectrofotômetro. Outros fatores que também podem ter influenciado na diferenciação da cor são: morfologia, uniformidade estrutural, componentes químicos, umidade, espessura, dentre outros.

4.3.2 Interferometria de Luz Branca

As análises de interferometria de luz branca foram realizadas em todas as amostras naturais. Entretanto, obteve-se bom resultado apenas na folha roxa, uma vez que as flores eram bastante finas e muito frágeis, permitindo que a luz passasse facilmente através das amostras. É possível observar que a folha roxa apresenta uma rugosidade característica em sua superfície (Figura 46).

Figura 46 – Perfil topográfico da folha roxa.



Fonte: Autor (2019).

Ressalta-se ainda que a folha roxa, conforme visto na Figura 45-b, apresenta uma estrutura que muito se assemelha a um tafetá (Figura 41), que é a estrutura dos tecidos estudados. No entanto, a folha não possui uma homogeneidade superficial da cor. Essa diferença de cor obtida nos resultados anteriores pode estar relacionada à diferença topográfica entre os substratos têxteis e biomimetizados.

4.4 CONSIDERAÇÃO FINAL

Neste capítulo foram apresentados os resultados referentes às técnicas de caracterização dos tecidos, seja em função da sua composição, título e gramatura. Foi possível também observar os bons resultados relacionados aos tingimento das amostras utilizadas para o banco de dados. Além disso, é possível a reprodução das cores inspiradas em elementos da natureza, entretanto, muitos fatores podem influenciar nos resultados, como a topografia, rugosidade, umidade, uniformidade estrutural, entre outros.

5 CONCLUSÃO

Através desse trabalho de conclusão de curso, verifica-se o aumento da importância da biomimética nas aplicações e desenvolvimentos de produtos, por meio da contextualização dos exemplos citados no estado da arte.

As análises de DSC e FTIR comprovaram que os tecidos eram compostos pela mesma fibra, a qual foi definida como poliéster.

Os tingimentos dos tecidos mostraram-se eficientes pelo fato da cor ter apresentado desvio padrão menor que 0,3, evidenciando excelente uniformidade. Verificou-se ainda que a lavagem redutiva influenciou nos resultados das coordenadas $L^* a^* b^*$.

A criação do banco de dados foi realizada de forma satisfatória, com o cadastramento das amostras tingidas, dos corantes, processo de tingimento e das características do tecido (composição e matéria-prima). Verificou-se que as amostras com tratamento convencional geraram receitas com menor concentração de corante, pois, apresentaram maior intensidade de cor, o que poderia gerar menor custo, devido a utilização de menor quantidade de corante na receita. Porém, o tecido 1 apresenta vantagens em relação ao brilho e por reproduzir mais facilmente cores mais claras.

Os tecidos tingidos a partir do banco de dados apresentaram bons resultados visuais. Porém, houve uma diferenciação entre o ΔE esperado com o obtido, isso pode ter ocorrido devido à diferença estrutural, química e morfológica entre os tecidos e os substratos naturais. A rugosidade da superfície influencia na reflexão da luz e por consequência na percepção da cor.

Apesar dessa variação, as cores obtidas foram muito próximas das cores das flores e da folhagem, isso mostra que o espectrofotômetro pode ser uma excelente ferramenta para a reprodução de cores a partir de elementos naturais.

6 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir desse trabalho, podem ser citadas sugestões de futuros trabalhos.

- (a) Biomimetizar cores em diferentes estruturas de tecidos planos e de malhas;
- (b) Analisar diferentes elementos da natureza, para verificar como a superfície influencia propriedades como hidrofobicidade, por exemplo;
- (c) Incrementar o banco de dados com diferentes cores e concentrações.

REFERÊNCIAS

- ABIT- Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. **Brasil: Consumo Industrial de Fibras e Filamentos**, 2018.
- ALI, Alka; TIWARI, Priyanka. Camouflage Textile. **Fibre To Finish**, v. 56, p. 1, 2017.
- ANAND, Dhruv et al. Shade selection: Spectrophotometer vs. digital camera—A comparative in vitro study. **Ann Prosthodont Restor Dent**, v. 2, p. 73-8, 2016.
- ANDREWS, HG et al. Estruturas hierárquicas tridimensionais para colheita de neblina. **Langmuir**, v. 27, n. 7, p. 3798-3802, 2011.
- ANZABI, Naeimeh. Nature Inspired Clothing Design Based on Biomimicry. **INTAN management journal. Nature**, v. 12, p. 241-251, 2016.
- AQUALONIS. **A guide to your fog collecting Project**, 2019. Disponível em: <<https://www.aqualonis.com/instructions>>. Acesso em: 07 de novembro de 2019.
- ARRUDA, Amilton; FREITAS, Theska L. F. Novas **estratégias da biomimética: as analogias no biodesign e na bioarquitetura**. **MIX Sustentável**, v. 4, n. 1, p. 73-82, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **NBR 13216**: Materiais Têxteis- Determinação do título de fios em amostras de comprimento reduzido, p. 1-2, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **NBR 1059**: Materiais têxteis- Determinação da gramatura de superfícies têxteis, p.1-8, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **NBR 12996**. Materiais Têxteis- Determinação dos ligamentos fundamentais de tecidos planos- método de ensaio, p. 1-2, 1993.
- ATEX TECHNOLOGIES. Nonwoven fabrics. Disponível em: <<https://www.atextechnologies.com/medical-textile-what-we-do/medical-fabric-and-technologies/nonwoven-material/>>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.
- BAR-COHEN, Yoseph. Biomimetics—using nature to inspire human innovation. **Bioinspiration & biomimetics**, v. 1, 2006.
- BERNS, Roy. Billmeyer and Saltzman's: **Principles of Color Technology**. 4. Edition: John Wiley & Sons Inc., 2019.
- BRANSCOMB, David; BEALE, David; BROUGHTON, Royall. **New directions in braiding**. **Journal of Engineered Fibers and Fabrics**, v. 8, n. 2, 2013.

BHATTACHARYA, S. S.; CHAUDHARI, S. B. Study on structural, mechanical and functional properties of polyester silica nanocomposite fabric. **International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology**, v. 21, n. 1, p. 43, 2014.

BHUSHAN, Bharat. Biomimetics: lessons from nature—an overview. **The Royal Society**, p. 1445-1486, 2009.

BOOBYER, Claire. Madidi national park: exploring the bolivian jungle that inspired daniel radcliffe's latest film, 2017. Disponível em:

<<https://www.independent.co.uk/travel/americas/madidi-national-park-bolivia-jungle-film-daniel-radcliffe-yossi-ghinsberg-a8069996.html>>. Acesso em: 07 de novembro de 2019.

CHOUDHURY, A. K. R. Textile preparation and dyeing. Enfield, NH, USA. Science Publishers, 2006

DANIEL, M. H. **Guia prático dos tecidos**. Osasco, SP: Novo Século Editora, 2011.

DAR SI HMAD. **Les Eco: L'ONG Marocaine Dar Si Hmad récompensée par l'ONU**, 2016. Disponível em: <<http://darsihmad.org/2016/09/29/les-eco-long-marocaine-dar-si-hmad-recompensee-par-lonu/>>. Acesso em: 07 de novembro de 2019.

DAS, S.; BHOWMICK, M.; CHATTOPADHYAY, S. K.; BASAK, S. Application of biomimicry in textiles. **Current Science**, p. 893-901, 2015

EADIE, Leslie; GHOSH, Tushar K. Biomimicry in textiles: past, present and potential. An overview. **Journal of the royal society interface**, v. 8, n. 59, p. 761-775, 2011.

ÉPOCA NEGÓCIOS. **Inovação e design: estudante cria cobertura que reage à água**. Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Caminhos-para-o-futuro/Desenvolvimento/noticia/2015/07/inovacao-e-design-estudante-cria-cobertura-que-reage-agua.html>>. Acesso em: 28 de outubro de 2019.

FERREIRA, I. L. S.; MAURÍCIO, L.P.A.; AQUINO, M. S.; OLIVEIRA, F.R. Aplicação de materiais têxteis na área da saúde. **CONTEXMOD**, v. 2, 2014.

GRIEBELER, Carolina Gomes de Oliveira. **Colorimetria da madeira de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden modificada termicamente**. 2013.

HAISSER, M.; RODRIGUES, J. **Biomimética aplicada à indústria têxtil e do calçado**, SENAI- RS, 2013.

HERNANDEZ, Hector. **Biology of UAE deserts an untapped fountain**, 2013. Disponível em: <<https://www.ku.ac.ae/biology-of-uae-deserts-an-untapped-fountain/>>. Acesso em: 07 de novembro de 2019.

HORROCKS A. R.; ANANDA, S. C. **Handbook of technical textiles**. Woodhead Publishing, 2000.

KADOLPH, S. J. **Textiles**. 11. Ed. Prentice Hall, 2011.

KARPAGAM, K. R.; SARANYA, K. S.; GOPINATHAN, J.; BHATTACHARYYA, A. Development of smart clothing for military applications using thermochromic colorants. **The Journal of The Textile Institute**, v. 108, n. 7, p. 1122-1127, 2017.

LIM, Jihye et al. Molecular and excited state properties of isomeric scarlet disperse dyes. **Journal of Molecular Structure**, v. 1161, p. 254-261, 2018.

LIMÃO, I. P. **Análise do Assento e Encosto de Cadeira de Rodas Dobráveis, na perspectiva tribológica de materiais têxteis**, 2017.

LIU, Yuyang; CHEN, Xianqiong; XIN, J. H. Hydrophobic duck feathers and their simulation on textile substrates for water repellent treatment. **Bioinspiration & biomimetics**, v. 3, n. 4, p. 046007, 2008.

MARCO, Jonas Theodoro. **Estudo de molhabilidade em substratos de aço com topografia graduada**, 2018.

MILWICH, Markus et al. **Biomimetics and technical textiles: solving engineering problems with the help of nature's wisdom**. American Journal of Botany, v. 93, n. 10, p. 1455-1465, 2006.

MOAZZAM, Parisa et al. Mist harvesting using bioinspired polydopamine coating and microfabrication technology. **Desalination**, v. 429, p. 111-118, 2018.

MIÚRA, Marcelo; MUNOZ, Sandra P. V. **Manual Técnico- Têxtil e vestuário- Fibras têxteis**. Senai MIX Design, nº 01, 2014.

MUSTALISH, Rachel A. Optical brighteners: history and technology. **Studies in Conservation**, v. 45, n. sup1, p. 133-136, 2000.

NEVES, J. S. M. F. **Tecnologia têxtil: Matérias-primas têxteis**. Porto. Livraria Lopes da Silva Editora, 1982.

OLIVEIRA, Danielle F. Confiabilidade metrológica e validação de procedimentos espectroradiométricos para medição de fontes luminosas, 2006.

PARKER, A. R.; LAWRENCE, C. R. **Water capture by a desert beetle**, 2001.

PEQUENAS EMPRESAS & GRANDES NÉGOCIOS. **Dupla se inspira em cores da natureza para criar estampas estilosas para roupas**, 2019. Disponível em: < <https://revistapegn.globo.com/Banco-de-ideias/Moda/noticia/2019/04/dupla-se-inspira-em-cores-da-natureza-para-criar-estampas-estilosas-para-roupas.html> >. Acesso em: 28 de outubro de 2019.

PRISCO, JACOPO. Desert 'fog catchers' make water out of thin air, 2016. Disponível em: <https://edition.cnn.com/2016/11/18/africa/fog-catchers-morocco/index.html>. Acesso em: 07 de novembro de 2019.

QUEIROZ, N.; RATTES, R. A.; BARBOSA, R. Biônica e Biomimética no contexto da complexidade e sustentabilidade em projeto. **Design & Complexidade Série [designCONTEXTO] - Ensaios sobre Design, Cultura e Tecnologia**. 1ed. São Paulo: Blücher, 2017, v. 1, p. 127-140.

RAMOS, Guida Cristina da Silva. **Optimização de branqueadores ópticos na colagem superficial**. Tese de Doutorado.

SAITO, Akira. **Material design and structural color inspired by biomimetic approach**. Science and technology of advanced materials, v. 12, n. 6, p. 064709, 2012

SALEM, Vidal. **Tingimento têxtil: fibras, conceitos e tecnologias**. São Paulo: Blucher: Golden Tecnologia, 2010.

SHIGEZAWA, Naoki et al. **Development of combination textile of thin and thick fiber for fog collection bioinspired by Burkheya purpúrea**, 2015.

SILVA, J. P. M. **Estudo comparativo das propriedades mecânicas em compósitos da fibra modal e poliéster**, 2012.

SIMPSON, John T.; HUNTER, Scott R.; AYTUG, Tolga. Superhydrophobic materials and coatings: a review. **Reports on Progress in Physics**, v. 78, n. 8, p. 086501, 2015.

SOARES, Thais. Como o beneficiamento têxtil pode agregar valor ao produto- AUDACES, 2006. Disponível em: <<https://www.audaces.com/como-o-beneficiamento-textil-pode-agregar-valor-ao-produto/>>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

UJHELYIOVA, Anna et al. Kinetics of dyeing process of blend polypropylene/polyester fibres with disperse dye. **Dyes and Pigments**, v. 72, n. 2, p. 212-216, 2007.

YEUM, Jeong H. et al. Effect of disperse dye on the preparation of poly (vinyl acetate)/poly (vinyl alcohol)/disperse dye composite microspheres. **Journal of Composite Materials**, v. 48, n. 18, p. 2265-2271, 2014.

ANEXO B – Receita de tingimento para o tecido 2, com base na folha roxa.

datacolor

04.11.2019 13.02 / DCI

Folha de Trabalho de Laboratório

Receita **FLOR ROXO (PADRÃO)** Tentativa 1

Padrão **FLOR_ROXO (PADRÃO)** Nome da Amostra Tingida
 Qualidade **Tafeté** Substrato **Tafeté- padrão**
 ProcCom Peso **10.00 g**

Custo de Corante 0.00 Custo de Auxiliar 0.00

Nome de Tolerância	CMC 2:1	Factor de tolerância	1.00
Ficheiro	Golden 100% PES	Modificado	Não
	Medida Predicted	Medida Predicted	
dE(D65)	0.01		
Metamerismo (F02)	0.29	CMCCON02 Index (F02, CMC)	2.18

CallOff 1

Volume: 200.00 ml

Água **Água a adicionar** 200.00

Nome do ficheiro	Golden 100% PES	Fracção	100.00
Nome do Processo	Disperso 130°C	Factor	1.00
LastMeasuredBatch			
ReBanho / Pickup	20.00	Efeito do Substrato	1.00
Total		Modificação no	0

VERMELHO DISP. €	VERMELHO DISP. SE- 3B	0.2375 %	0.02 g
AZUL DISPERSO SI	AZUL DISPERSO SE-3RT 110%	0.4237 %	0.04 g
AMARELO DISPERSO	AMARELO DISPERSO SE-G	0.0922 %	0.01 g