



Melhoria da Solidez à Luz de Algodão Tingido com Corantes Reativos

INÊS MOREIRA GOMES

novembro de 2019

Melhoria da solidez à luz de algodão tingido com corantes reativos

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Química, ramo opcional de Qualidade

Inês Moreira Gomes

Orientador: Eng. Soraia Alves

Orientador: Eng. António Ribeiro

Outubro de 2019

Agradecimentos

Ao Eng^o. Jorge Faria, pela oportunidade de realizar este estudo na AQUITEX, S.A., e por todo o apoio técnico, o meu obrigado.

À Eng^a Soraia Alves, não só pela orientação ao longo deste trabalho, mas também por toda a amizade e ajuda em todos os momentos, o meu muito obrigado.

Ao Eng^o António Ribeiro, pela orientação, ideias e apoio que deu ao longo deste tempo, um muito obrigado.

À minha família e ao meu namorado, que me apoiaram em todo este percurso, que animaram os meus dias e não me deixaram desistir, e principalmente às minhas pequenas irmãs, que sabem alegrar o dia com a inocência de criança, fazendo desaparecer todos os problemas e obstáculos, um muitíssimo obrigado.

Às minhas amigas, que fizeram este percurso lado a lado comigo, companheiras nesta batalha e que não me deixaram ficar para trás, o meu muito obrigado.

Por fim, a todos os que, de forma direta ou indireta, contribuíram para que fosse possível concluir esta dissertação, dando apoio técnico e apoio emocional, que acompanharam este percurso dentro e fora da AQUITEX, S.A., o meu sincero obrigado.

Resumo

A solidez à luz dos materiais têxteis tingidos tem sido um foco de estudo na área têxtil, de modo a tentar melhorar a resistência da cor à luz, aumentando a qualidade e a durabilidade do produto final.

Com base nessa preocupação, tentou-se arranjar uma solução que funcione de uma forma mais completa do que as já estudadas a nível laboratorial, que consistem na formulação de um produto de acabamento.

Para melhorar a solidez à luz, especificamente na gama de corantes reativos, foram estudados vários produtos com uma das seguintes propriedades: absorver a radiação ultravioleta, impedindo que esta degrade o corante ou ter capacidade antioxidante, para que, mesmo que a luz incida diretamente no corante, não o consiga oxidar.

Após os vários testes de solidez à luz, complementados com testes de solidez à lavagem e solidez à fricção, verificaram-se melhores resultados com a utilização dos produtos antioxidantes, tendo especial impacto a utilização de extrato de sumagre na melhoria da solidez, o que é um resultado bastante interessante e a explorar melhor num contexto industrial.

Palavras-chave: solidez à luz, algodão, corantes reativos, absorvedores UV, antioxidantes.

Abstract

Light fastness of dyed textile material has been a focus of research in this field, in order to improve the resistance of the color to the light, improving the quality and the durability of the end product.

Based on this, an attempt has been made to create a solution that works more completely than those already studied at the laboratory level, which consist of the formulation of a finishing product.

To improve light fastness, especially in reactive dyes, several products will be study, as long as they have one of the following properties: absorb UV radiation, prevent them from degrading dye or have antioxidante capacity, so that even light falls on the dye directly, has no ability to oxidize it.

After all light fastness tests, supplemented with wash fastness and rubbing fastness tests, it was found that the best results were obtained with the use of antioxidante products, especially sumac extract, which gave a very good and interesting result to explore industrially.

Key words: light fastness; cotton; reactive dyes; UV absorbers; antioxidants.

Índice

1. Introdução	1
1.1 Enquadramento da dissertação	1
1.2 Objetivos	1
1.3 A empresa	2
1.4 Organização do relatório	3
2. Estado da Arte	5
2.1 A Indústria Têxtil	5
2.1.1 A Indústria Têxtil em Portugal	5
2.1.2 Tipos de fibras têxteis	7
2.1.3 Fibra de Algodão	8
2.1.4 Gamas de Corantes	9
2.2. Tingimento	12
2.2.1 Processo de tingimento com Corantes Dispersos	12
2.2.2 Processo de Tingimento com Corantes Cuba	13
2.2.3 Processo de Tingimento com Corantes Diretos	14
2.2.4 Processo de Tingimento com Corantes Ácidos	14
2.3 Processo de Preparação e Tingimento do Algodão	15
2.3.1 Preparação do algodão	15
2.3.2 Processo de tingimento de fibras celulósicas	18
2.4 Testes físicos às fibras têxteis	24
2.4.1 Solidez à luz	25
2.5 Melhoria da solidez à luz – estudos realizados	26
3. Procedimento Experimental	29
3.1 Seleção dos produtos a testar	29
3.2 Tingimento de malha 100% Algodão	30
3.3 Aplicação dos produtos selecionados	30
3.4 Ensaio de solidez à luz, à lavagem e à fricção	32
• 3.4.1 Solidez à luz	32
• 3.4.2 Solidez à lavagem	33
• 3.4.3 Solidez à fricção	34
4 Resultados e Discussão	37
5 Conclusões e Propostas de trabalhos futuros	41
Bibliografia	43
Anexos	45

Anexo A – Diferentes tipos de fibras Naturais e Sintéticas	45
Anexo B – Ensaio Físicos.....	47

Índice de Figuras

1.1 Certificado da norma NP EN ISO 14001:2015 atribuído à AQUITEX.....	2
1.2 Certificado da norma NP EN ISO 9001:2015 atribuído à AQUITEX.....	3
2.1 Distribuição das empresas de ITV, considerando o número de empresas e de exportações. Dados de 2012.....	6
2.2 Evolução do setor têxtil e vestuário em Portugal entre 2013 e 2017.....	7
2.3 Divisão das fibras têxteis.....	8
2.4 Imagem microscópica do algodão (ampliação de 1000x).....	9
2.5 Monómeros de celulose.....	9
2.6 Classificação dos corantes quanto à ligação às fibras.....	11
2.7 Distribuição dos corantes por aplicação.....	11
2.8 Processo de tingimento com corantes dispersos utilizado na AQUITEX.....	12
2.9 Processo de tingimento com corantes cuba utilizado na AQUITEX.....	13
2.10 Processo de tingimento com corantes diretos utilizado na AQUITEX.....	14
2.11 Processo de tingimento com corantes ácidos utilizado na AQUITEX.....	15
2.12 Ligação covalente entre o corante e a fibra celulósica.....	18
2.13 Mecanismo de adição entre um corante reativo e um substrato de celulose.....	19
2.14 Mecanismo de substituição entre um corante reativo e um substrato de celulose.....	19
2.15 Processo de tingimento de algodão com corantes reativos utilizado na AQUITEX.....	22
2.16 Influência da temperatura no tingimento.....	24
3.1 Escala de azuis antes e após ser sujeita à luz artificial.....	33
3.2 Testemunho multifibras para testes de solidez à lavagem segundo a norma ISO 105 C06.....	34
Escala de cinzentos.....	34
3.4 Tecido <i>standart</i> para solidez à fricção.....	35
3.5 <i>Crockmeter</i>	35
A.1 Fibras Naturais.....	45
A.2 Fibras Sintéticas.....	46

Índice de Tabelas

Tabela 4.1: Resultados dos ensaios de solidez à luz.....	38
Tabela B.1: Ensaio de solidez na malha Sem Acabamento.....	47
Tabela B.2: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de Óxido de Zinco.....	47
Tabela B.3: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de Óxido de Níquel.....	48
Tabela B.4: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de Óxido de Titânio..	48
Tabela B.5: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de ITOSORRB AF20PS.....	49
Tabela B.6: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de ITOFINISH VITAMIN E.....	49
Tabela B.7: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de EVERTEX LF- 01.....	50
Tabela B.8: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de ADRASORV C- UV.....	50
Tabela B.9: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de Ácido Ascórbico..	51
Tabela B.10: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de Ácido Gálico.....	51
Tabela B.11: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de Ácido Cítrico.....	52
Tabela B.12: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de Extrato de Tara...	52
Tabela B.13: Ensaio de solidez na malha com aplicação de 0,5 g/L de Catalase antes do tingimento.....	53
Tabela B.14: Ensaio de solidez na malha com aplicação de 0,5 g/L de Catalase antes e após o tingimento.....	53
Tabela B.15: Ensaio de solidez na malha com aplicação de 0,5 g/L de Catalase após o tingimento.....	54
Tabela B.16: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de Amido.....	54
Tabela B.17: Ensaio de solidez na malha acabada com 10% de Extrato de Tara...	55
Tabela B.18: Ensaio de solidez na malha acabada com 10% de Extrato de Sumagre.....	55

1. Introdução

Este capítulo tem por objetivo contextualizar a dissertação apresentada, contemplando o enquadramento da mesma na situação acadêmica e empresarial.

1.1 Enquadramento da dissertação

O trabalho apresentado surge na realização do Mestrado em Engenharia Química, ramo de Qualidade, especificamente na unidade curricular de Dissertação. Nesse contexto, a dissertação foi realizada em colaboração com a empresa AQUITEX – Acabamentos Químicos Têxteis S.A., indo de encontro às necessidades da própria empresa.

1.2 Objetivos

O estudo da solidez à luz no tingimento com corantes reativos tem sido um tema muito estudado ao longo de vários anos, sendo que não é completamente clara a forma como a luz degrada o corante e, conseqüentemente, a cor do artigo tingido. Os estudos realizados nesse sentido focam-se, essencialmente, em duas visões: a alteração da estrutura química do corante para que fique menos suscetível à fotodegradação, e a formulação de um produto que proteja as moléculas de corante da incidência da luz.

Os resultados obtidos em trabalhos de desenvolvimento realizados até ao momento não permitiram resolver o problema, sendo que os produtos formulados não demonstraram os resultados pretendidos quando passaram da escala laboratorial para a escala industrial.

Seguindo este contexto, a dissertação tem como principal objetivo o desenvolvimento de produtos de acabamento que permitam melhorar a solidez à luz no tingimento com corantes reativos, apostando-se na formulação de um produto para esse fim. Complementarmente aos testes de solidez à luz realizados, também deve ser avaliada a influência dos produtos na solidez à lavagem e de solidez à fricção, que são parte da garantia da qualidade do tecido tingido e dos corantes utilizados.

1.3 A empresa

O presente estudo é desenvolvido na empresa AQUITEX – Acabamentos Químicos Têxteis, S.A. Esta empresa encontra-se em atividade desde 1963, comercializando produtos de acabamento para as indústrias têxtil e cerâmica. Entre as competências da equipa encontram-se a reprodução de cores, a formulação de novos produtos e a resposta diferenciada a cada cliente, existindo sempre a necessidade de inovar.

A AQUITEX tem um grande sentido de responsabilidade ambiental e de qualidade, sendo uma empresa certificada pela APCER com as normas EN NP ISO 14001:2015, referente ao sistema de gestão ambiental (figura 1.1), e EN NP ISO 9001:2015, que se refere ao sistema de gestão da qualidade (figura 1.2).

Aliada à AQUITEX, existe a empresa NEW ENZIMES, Lda, que se dedica à produção de enzimas para a área têxtil.



Figura. 1.1: Certificado da norma NP EN ISO 14001:2015 atribuído à AQUITEX [1].



Figura 1.2: Certificado da norma NP EN ISO 9001:2015 da AQUITEX [1].

1.4 Organização do relatório

O relatório encontra-se dividido em cinco grandes subdivisões, da seguinte forma:

No capítulo 1 é feita uma introdução do trabalho, mais concretamente o enquadramento da sua realização.

No capítulo 2 é feita uma exposição teórica dos conceitos que envolvem o trabalho, bem como uma síntese da indústria têxtil, dos processos de tecelagem e das diferentes fibras e corantes. Neste capítulo são abordados, de uma forma teórica, todos os temas relevantes para a realização da dissertação.

No capítulo 3 é explicado todo o procedimento experimental realizado para o desenvolvimento do trabalho.

No capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos, procedidos de uma discussão sobre os mesmos.

No capítulo 5 são referidas as principais conclusões e sugestões de como continuar o trabalho aqui desenvolvido.

2. Estado da Arte

Este capítulo tem como objetivo dar uma visão sobre a presença da indústria têxtil em Portugal, bem como um fundamento teórico sobre as variadas fibras e corantes existentes, fazendo também a relação entre a fibra e o corante com um resumo dos processos de tingimento. É feita uma abordagem mais específica à fibra de algodão, à sua preparação e ao tingimento da mesma.

2.1 A Indústria Têxtil

2.1.1 A Indústria Têxtil em Portugal

O setor têxtil caracteriza-se pelo processamento de diversas matérias primas (fibras) para a produção de têxteis. As empresas deste setor estão fundamentalmente classificadas, pela Classificação de Atividades Económicas, como CAE 17 – Fabricação de Têxteis, e como CAE 18 – Indústria do Vestuário. As empresas pertencentes à CAE 17 podem, ainda, subdividir-se em três subsectores, conforme a matéria prima que processam: Algodão, Lã e Fibras Sintéticas e Artificiais [2]

A maioria das empresas da Indústria Têxtil e Vestuário (ITV) está situado na região Norte do país, nomeadamente nos distritos de Braga e Porto, representando, respetivamente, 51% e 29% do total da indústria (dados referentes a 2012). Na figura 2.1 está representada a distribuição geográfica das empresas do setor, bem como a representatividade de cada distrito nas exportações.

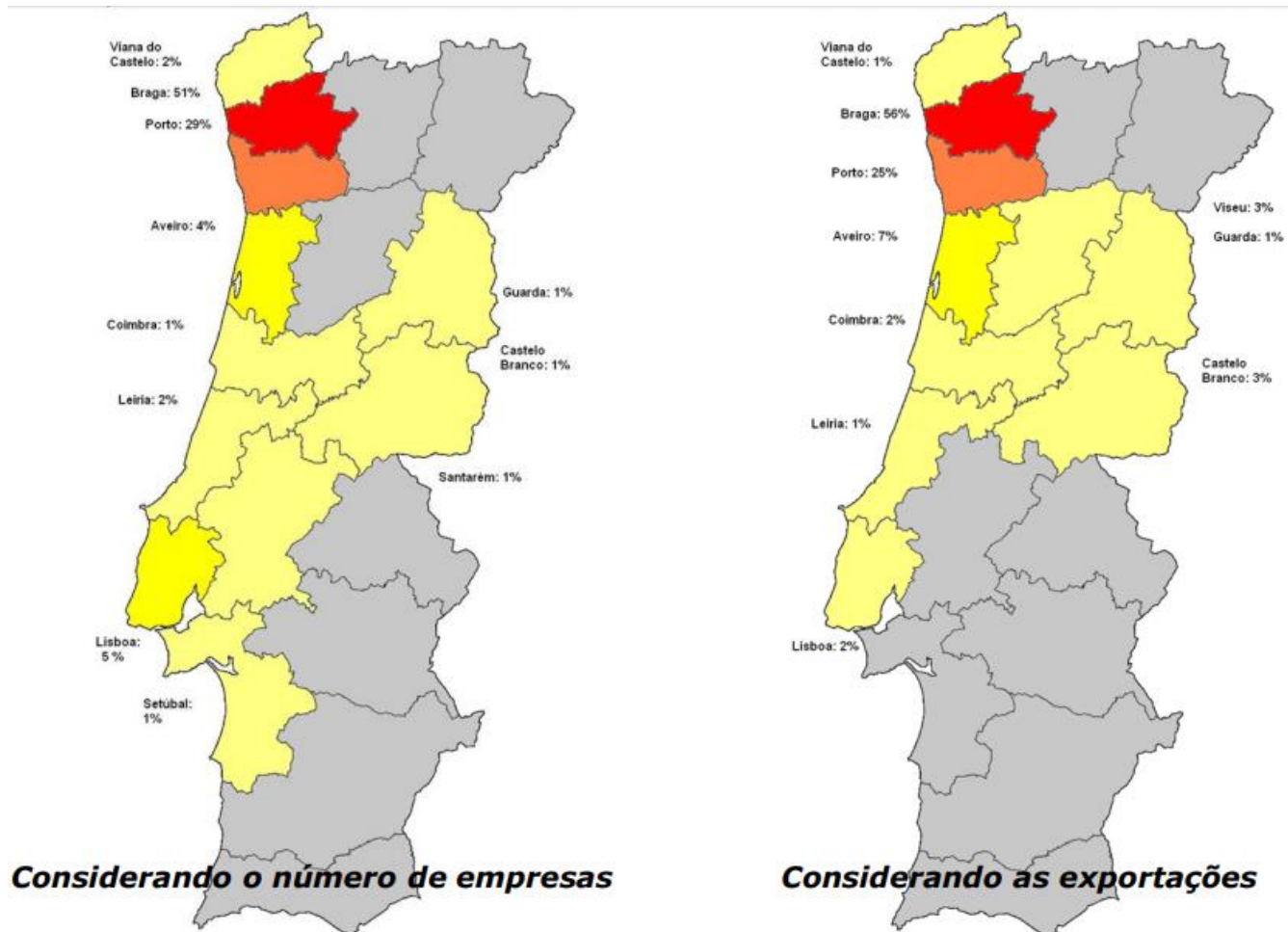


Figura 2.1 Distribuição das empresas da ITV, considerando o número de empresas e de exportações. Dados de 2012 [3].

As exportações representam uma grande parte da produção portuguesa, tendo havido um crescimento, principalmente na exportação de artigos de lã [4]. Os principais compradores dos produtos portugueses são Espanha e França, tendo havido, em 2017, um acréscimo acentuado (aproximadamente 20%) nas exportações para os Estados Unidos da América [5].

Depois de anos em queda, devido à crise económica que afetou o país, a ITV continua em recuperação, empregando cada vez mais pessoas e aumentando os seus lucros, como mostra a figura 2.2, baseada em dados do Instituto Nacional de Estatística e da Associação de Vestuário Portuguesa.

	2013	2014	2015	2016	2017
Produção (milhões €)	6.028	6.485	6.767	7.136	7.400
Volume de Negócios (milhões €)	6.296	6.712	6.942	7.347	7.500
Exportações (milhões €)	4.288	4.620	4.811	5.035	5.237
Importações (milhões €)	3.343	3.608	3.835	3.932	4.138
Emprego	124.147	128.414	131.513	135.197	137.000

Fonte: INE, 2016 dados provisórios INE/ 2017: estimativas ATP

Figura 2.2 Evolução do setor têxtil e vestuário em Portugal entre 2013 e 2017. [6].

2.1.2 Tipos de fibras têxteis

Existem dezenas de fibras têxteis, que podem ser divididas, fundamentalmente, em dois grupos, como mostra a figura 2.3, fibras de origem natural e fibras artificiais [7].

As fibras de origem natural são assim classificadas por não requererem a formulação ou reformulação da fibra. Estas podem ainda subdividir-se em origem animal, vegetal ou mineral [7].

As fibras artificiais são as que exigem algum tipo de transformação para se formarem. Estas fibras podem ser provenientes de síntese química, ou então obtidas por dissolução e regeneração de polímeros naturais [7].

No Anexo A, encontram-se diagramas mais detalhados dos vários tipos de fibras naturais (Figura A.1) e sintéticas (Figura A.2) [7].

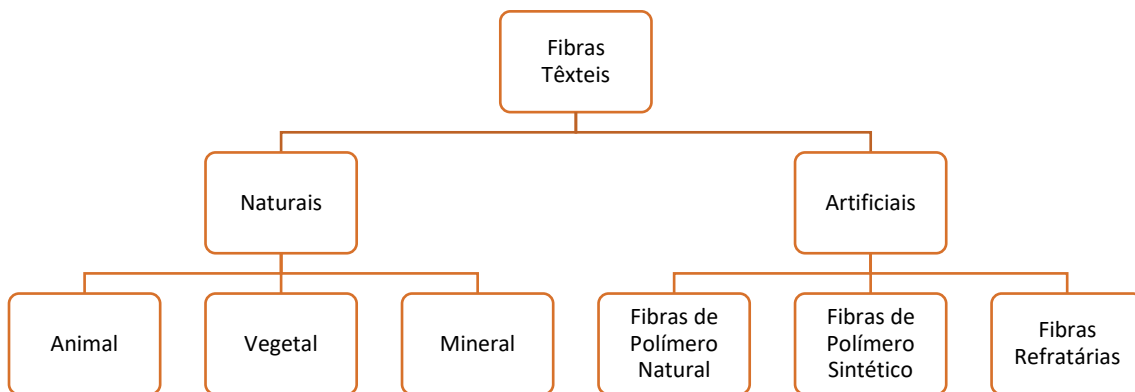


Figura 2.3: Divisão das fibras têxteis [7].

2.1.3 Fibra de Algodão

O trabalho foi realizado em algodão, que é uma fibra natural de origem vegetal, nomeadamente dos pelos que se formam na semente da planta do algodoeiro, designada por *Gossypium*. Esta é uma fibra celulósica, e a mais importante a nível mundial, representando cerca de 40% da produção de toda a indústria [8].

A constituição do algodão é quase unicamente celulose, sendo esta aproximadamente 90% de toda a fibra, podendo ser encontradas milhares de unidades de hidroglicose repetidas na sua estrutura. Graças à elevada quantidade de celulose, existem várias pontes de hidrogénio entre cadeias celulósicas adjacentes, conferindo uma estrutura cristalina ao algodão, em algumas zonas. A restante percentagem de constituintes do algodão está dividida por impurezas, como gomas, resinas, gorduras e ceras. Estas últimas situam-se na superfície da fibra e são necessárias para a fiação do algodão devido às suas propriedades lubrificantes. No entanto, aquando do tingimento, estas devem ser removidas com recurso a um pré-tratamento, pois são hidrófobas, afetando a qualidade do tingimento [7,9].

O algodão é reconhecido como uma fibra de fácil tingimento, uma vez que a celulose apresenta grupos hidroxilo livres, sendo a estes que se liga o corante.

Na figura 2.3 encontra uma imagem microscópica do algodão e na figura 2.4 a estrutura química da celulose.

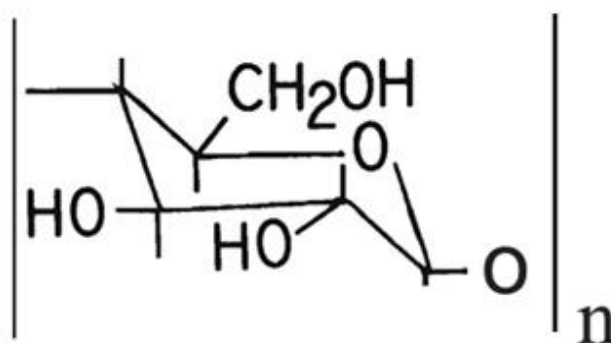
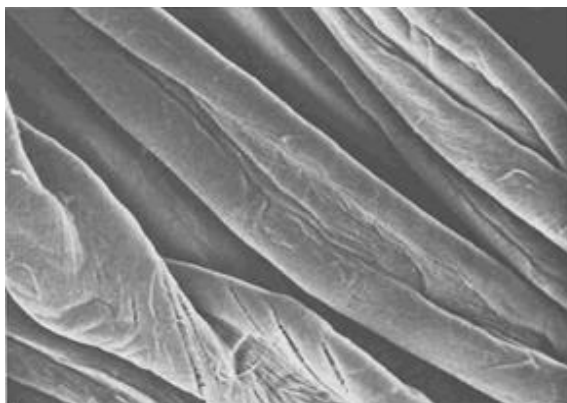


Figura 2.4 Imagem microscópica do algodão (ampliação de 1000x). [7]

Figura 2.5: Monómero de celulose. [7]

2.1.4 Gamas de Corantes

Os corantes são moléculas orgânicas ou inorgânicas que devem apresentar afinidade com o tipo de fibra que tingem. Estes podem ligar-se às fibras por pontes de hidrogénio, forças de Van der Waals, ligações iónicas e, em alguns casos, por ligações covalentes.

Este tipo de moléculas tem a capacidade de absorver determinadas radiações, difundindo as restantes, o que faz com que o olho humano veja uma determinada cor [10].

A cor resulta da alteração do estado energético do corante, havendo uma transição dos eletrões para o estado excitado. Para que isto seja possível, os corantes são moléculas insaturadas que contém um grupo cromóforo [10].

A avaliação da adequação de cada corante a um determinado substrato é realizada através da análise das propriedades do mesmo, que definem a substantividade do corante, definida como a medida da distribuição do corante entre a fibra e o banho de tingimento. Entre as propriedades referidas podem-se enumerar as seguintes [10]:

- Afinidade – força de atração entre o corante e a fibra a tingir; a substantividade aumenta com o aumento da afinidade;
- Fixação – percentagem de corante que permanece na fibra após operações posteriores;

- Esgotamento – percentagem total de corante que é absorvido durante todo o processo;

Os corantes podem ser classificados de várias formas, como por origem, por aplicação, por constituição química, pela ligação que estabelecem com o substrato têxtil, por grupo cromóforo, entre outras.

Quando são classificados quanto à origem, os corantes podem dividir-se em naturais ou sintéticos, sendo que os primeiros podem provir de animais, plantas ou minerais, e são, normalmente, utilizados para a indústria alimentar e não tanto para a indústria têxtil. Já os corantes sintéticos são produzidos industrialmente, apesar de a sua constituição química ser parecida à dos corantes naturais [11].

O grupo cromóforo é o responsável pela cor, que só é possível quando, no extremo oposto da molécula, existem grupos dadores de eletrões designados de auxocromo. O conjunto do grupo cromóforo com o auxocromo é designado por cromogénio. Assim sendo, os corantes, quando são classificados por grupo cromóforo, podem ser divididos da seguinte forma [11]:

- Azo – contém um ou mais grupos azo, e conferem uma grande gama de tonalidades, sendo possível obter cores desde o amarelo, ao vermelho, ao azul e ao preto. Os corantes que apenas contém um grupo azo, designados de monoazo, são responsáveis por dar tonalidades mais vivas.
- Antraquinona – O grupo cromóforo deste tipo de corantes é constituído por um grupo carbonilo e dois anéis benzénicos. Estes últimos são necessários para intensificar a deslocação de eletrões e, conseqüentemente, a cor.
- Di e Triarilmetano – o grupo cromóforo é constituído por um carbono ligado a três anéis aromáticos, sendo este responsável pelas cores vivas e intensas que este tipo de corantes confere.

A classificação dos corantes por tipo de ligação pode ser dividida em dois grupos. Os corantes do grupo 1 são absorvidos pela fibra, mas de uma forma reversível, enquanto que os do grupo 2 são absorvidos pela fibra de uma forma praticamente irreversível.

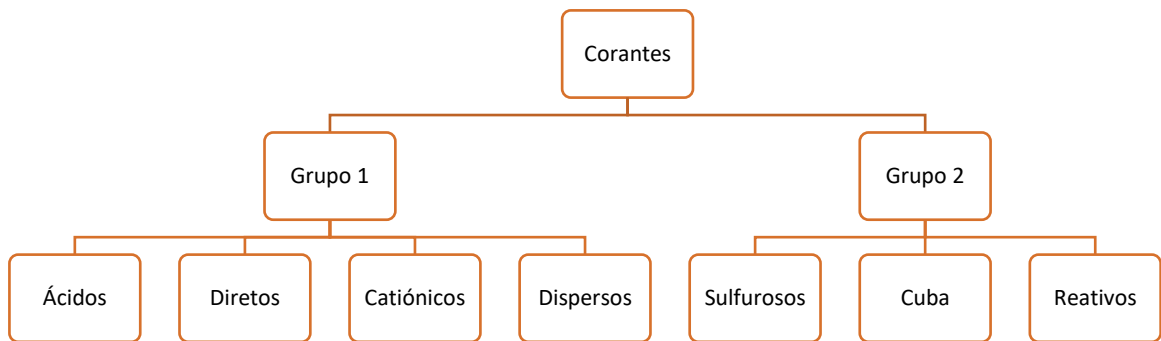


Figura 2.6: Classificação dos corantes quanto à ligação às fibras [11].

Existindo uma grande variedade de corantes, cada um é adequado a um tipo de fibras. Na figura 2.7 está representada a distribuição dos corantes com base nas suas aplicações mais usuais.

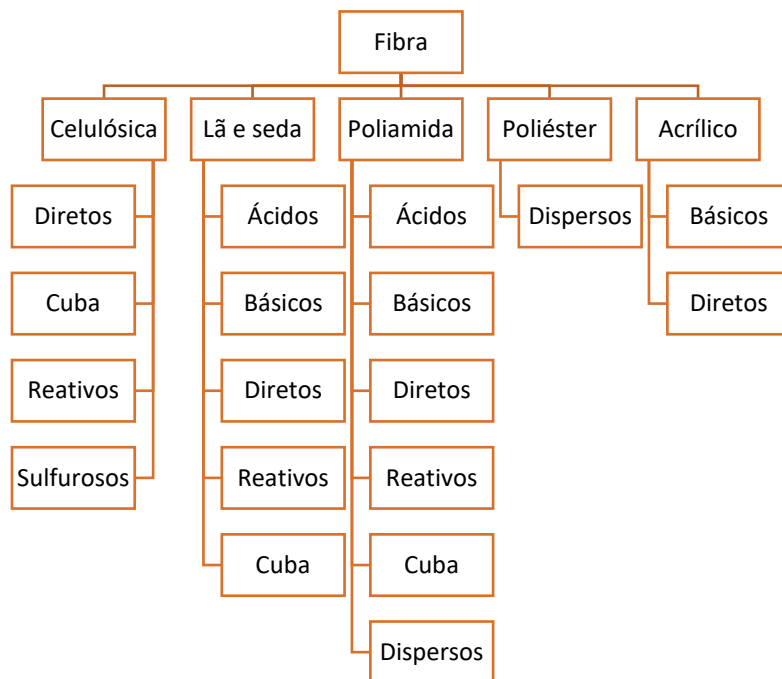


Figura 2.7: Distribuição dos corantes por aplicação. [11]

2.2. Tingimento

A indústria têxtil utiliza vários processos de tingimento, dependendo da fibra que pretende tingir, e do corante a utilizar. Neste subcapítulo, estão reunidos os processos de tingimento com diversas gamas de corantes, especificando quais os tipos de fibra que cada corante tinge, bem como os auxiliares necessários para que se obtenha o resultado pretendido, tudo de uma forma simplificada, uma vez os processos são adaptados conforme a fibra a tingir. O tingimento com corantes reativos da fibra de algodão é explicado mais detalhadamente no subcapítulo seguinte.

2.2.1 Processo de tingimento com Corantes Dispersos

Os corantes dispersos são principalmente usados para o tingimento de poliéster, podendo ser usados também no tingimento de acetato. Para garantir o melhor aproveitamento desta gama de corantes, o tingimento deve ser feito a uma temperatura alta (120°C - 130°C). Na figura 2.8 encontra-se esquematizado o processo de tingimento de poliéster com corantes dispersos utilizado na AQUITEX.

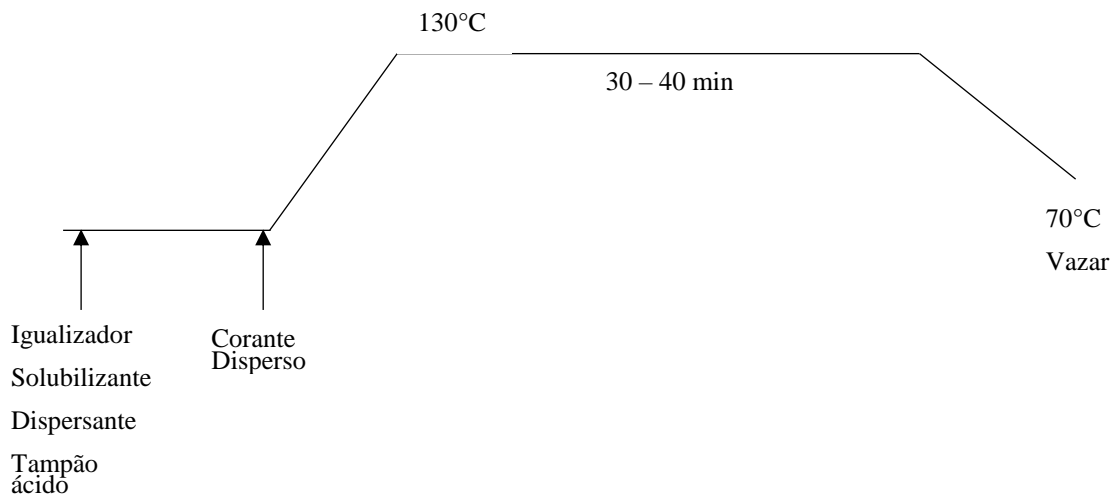


Figura 2.8: Processo de tingimento com corantes dispersos utilizado na AQUITEX

Para este processo de tingimento podem ser usados quatro auxiliares, sendo a sua função especificada seguidamente:

Igualizador – permite que o corante se ligue a toda a fibra da mesma forma, evitando aglomerados de corante e manchas na malha tingida;

Solubilizante – evita a redeposição de restos de impurezas na fibra;

Dispersante – melhora a dispersão do corante, permitindo um tingimento mais uniforme;

Tampão ácido – permite manter o pH do banho de tingimento entre 4 e 5, valores ideais para este tipo de tingimento.

2.2.2 Processo de Tingimento com Corantes Cuba

O processo de tingimento de corantes cuba divide-se em duas fases, podendo ser utilizado para tingir o algodão. Numa primeira fase, acontece o tingimento, em que o corante, numa forma reduzida, já que na sua forma natural é insolúvel em água, migra para o interior da fibra, sendo este processo realizado a 60°C. De seguida, é necessário oxidar o corante para ele voltar à sua cor original, existindo uma fase de oxidação com água oxigenada, a pH ácido, a 55°C. Na figura 2.9 está representado o esquema de tingimento com corantes cuba realizado na AQUITEX.

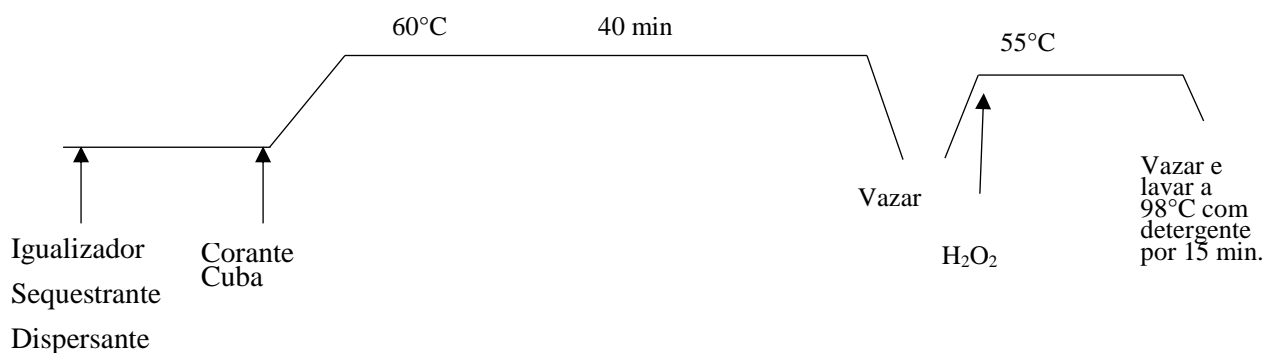


Figura 2.9: Processo de tingimento com corantes cuba realizado na AQUITEX.

Igualizador – Evita a aglomeração de corante, permitindo um tingimento mais uniforme.

Sequestrante – Atua na dureza da água, sequestrando iões cálcio e magnésio. Também sequestra iões de metálicos sem interferir no rendimento do tingimento;

Dispersante – Dispersa os corantes com menor solubilidade, evitando a redeposição do mesmo.

2.2.3 Processo de Tingimento com Corantes Diretos

Os corantes diretos são corantes com grande substantividade para as fibras celulósicas, apresentando, no entanto, baixa solidez à lavagem, e muitas vezes, fraca solidez à luz. O processo de tingimento com esta gama de corantes é controlado principalmente pela temperatura e pela adição de um eletrólito, sendo estes necessários para a obtenção de um tinto sem manchas. O processo realizado pela AQUITEX para o tingimento com corantes diretos encontra-se na figura 2.10.

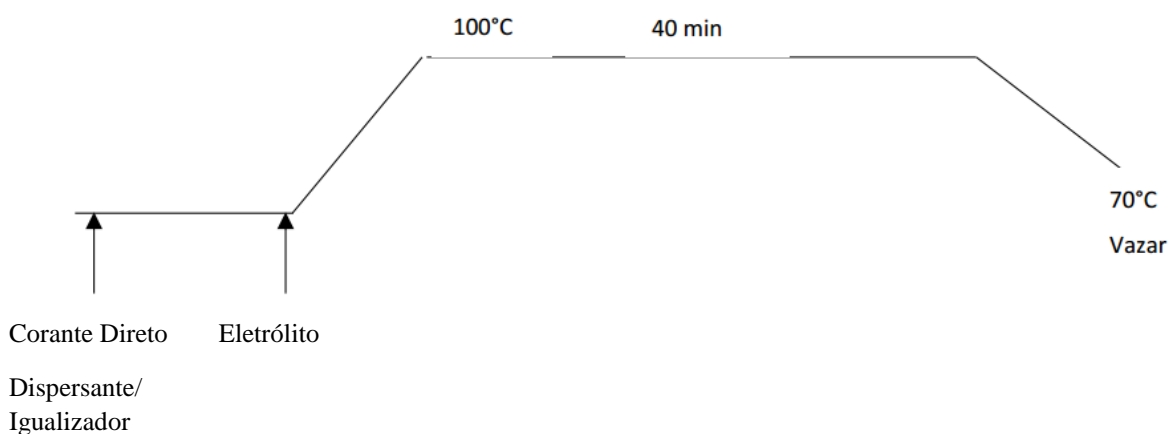


Figura 2.10: Processo de tingimento com corantes diretos utilizado na AQUITEX.

Dispersante / Igualizador – permite que o corante não fique acumulado na fibra, evitando manchas.

Eletrólito – funciona como produto catiónico, para reverter o fator aniónico da fibra e do corante.

2.2.4 Processo de Tingimento com Corantes Ácidos

Corantes ácidos podem ser utilizados para o tingimento de poliamida e de fibras proteicas, como lã e seda. Estes só podem ser utilizados em fibras que sejam catiónicas na presença de um meio ácido.

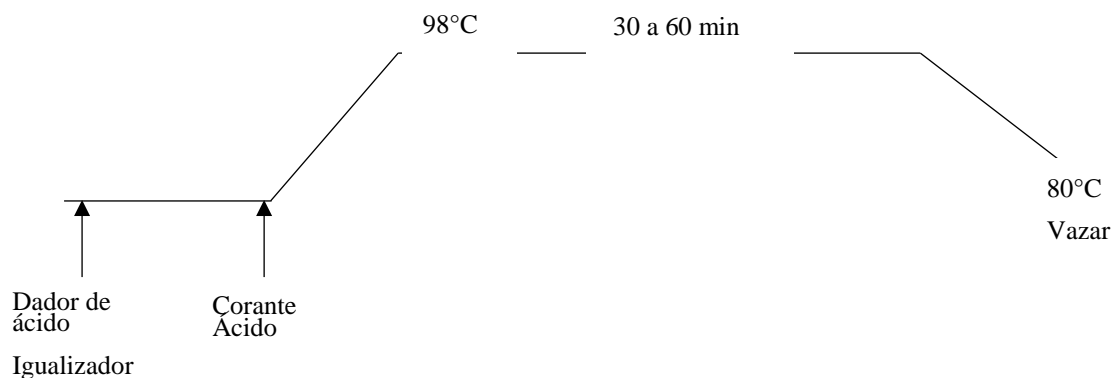


Figura 2.11: Processo de tingimento com corantes ácidos utilizado na AQUITEX.

Dador de ácido – permite que o pH do tingimento vá descendo progressivamente, permitindo um esgotamento total do corante;

Iguarizador – permite um tingimento mais uniforme, por apresentar afinidade tanto para o corante como para a fibra.

2.3 Processo de Preparação e Tingimento do Algodão

2.3.1 Preparação do algodão

Em geral, o algodão chega em cru à indústria, o que significa que a fibra ainda não foi sujeita a qualquer tratamento e contem impurezas. A constituição das fibras de algodão em cru depende da sua origem, das condições climáticas e da sua maturidade, mas quimicamente pode ser dividida da seguinte forma [8]:

- 94,9% Celulose
- 1,3% Proteínas
- 1,2% Cinzas
- 0,9% Pectinas
- 0,8% Outros compostos orgânicos
- 0,6% Ceras
- 0,3% Açúcares
- Vestígios de pigmentos

Tudo aquilo que está para além da celulose são consideradas impurezas, especificando-se algumas de seguida:

- Proteínas: ácidos poliaminocarbónicos;
- Pectinas: ácidos poligalactorónicos e seus sais de cálcio, ferro e magnésio;
- Cinzas: cinzas de compostos como cálcio, magnésio, potássio e sódio, e de alguns fosfatos e carbonatos;
- Compostos orgânicos: oligómeros, ácidos orgânicos;
- Ceras: álcoois gordos (C₂₄ - C₃₀), ácidos gordos, ésteres, hidrocarbonetos.

Para além destes constituintes que necessitam de ser eliminados para conseguir obter o algodão da melhor forma (por exemplo, as ceras tornam o algodão hidrófobo), existem outras impurezas, que podem ser naturais e que acompanham a rama, tais como restos de casca, folhas e resíduos de sementes, ou encolantes, como é o caso de óleos e agentes de preparação. Assim, o algodão necessita de um tratamento prévio antes de ser tingido e acabado. Este tratamento pode incluir várias fases, tais como a Desencolagem, a Fervura e o Branqueio, que servem para remover substâncias que acompanham a fibra celulósica, ou a Gasagem e a Mercerização, utilizadas com o intuito de melhorar a estrutura da malha. Estes processos explicam-se de seguida. [12,13].

- Desencolagem: A desencolagem tem como objetivo eliminar os produtos de encolagem que foram aplicados no fio de algodão para diminuir as quebras durante o processo de tecelagem [13].

Os produtos utilizados para encolar o fio podem ser de dois tipos: hidrossolúveis ou insolúveis em água. No primeiro caso são fáceis de eliminar, sendo necessária apenas uma fervura. No entanto, qualquer um dos dois tipos de encolantes acarreta problemas no tingimento se não forem bem eliminados, já que impedem que a malha absorva a água com corante de uma forma uniforme e total [12,13].

Assim, para eliminar da melhor forma os contaminantes, existem vários processos para realizar a desencolagem. Se o objetivo é eliminar colas hidrossolúveis, é feita uma lavagem com detergente; se se pretender eliminar outros produtos para além das colas, principalmente o amido, é necessário efetuar um tratamento mais agressivo, que pode ser enzimático ou oxidativo, sendo o primeiro o mais eficaz e usual. Então estes tratamentos consistem no seguinte [12,13]:

→ Tratamento Oxidativo: consiste na utilização de agentes oxidantes, como persulfato de amónio, peróxido de hidrogénio e bromito de sódio para realizar a descolagem. No entanto, também provoca uma degradação significativa da celulose [12].

→ Tratamento enzimático: consiste na utilização de enzimas com o objetivo de degradar o amido sem danificar a celulose. As α -amilases (enzimas) transformam o amido em dextrinas, sendo que estas já são facilmente eliminadas pela água [12].

- Fervura: A fervura tem como objetivo eliminar as pectinas, as ceras e as proteínas, para além de tornar o algodão hidrófilo e de o branquear um pouco (o algodão em cru tem uma tonalidade amarela). Para isso, destrói-se a primeira camada cuticular e a parede primária do algodão, camadas que contêm uma percentagem de celulose muito baixa em relação às outras camadas.

Para realizar este processo usam-se três produtos: um álcali, normalmente soda cáustica; um detergente, para eliminar matérias hidrófobas presentes; e um sequestrante, para impedir a formação de precipitados de iões alcalino-terrosos, como é o caso do cálcio, do ferro e do manganês que estão presentes na fibra de algodão [12,13].

- Branqueio: O objetivo do branqueio é eliminar o corante natural da fibra, deixando-a mais branca, e eliminar alguns resquícios de origem vegetal que não tenham sido completamente eliminados durante a fervura [12,13].

O processo de branqueio envolve a utilização de um agente oxidante, como peróxido de hidrogénio, hipoclorito de sódio ou clorito de sódio, sendo o primeiro o mais usual. Para além deste, é necessário utilizar um estabilizador, que atua como sequestrante de iões, um álcali, normalmente soda cáustica, que funciona como ativador do branqueio, e um detergente para a remoção das impurezas [12].

O processo de branqueio com estes produtos também pode ser denominado de meia branqueação, e é utilizado para a reprodução de cores. No entanto, também se pode fazer um branqueio ótico em que, para além dos produtos anteriormente referidos, se adiciona um branco ótico, produto este que tem a propriedade de absorver as radiações ultravioleta, emitindo-as na região do visível, o que dá a sensação de um branco mais puro [12].

- Gasagem: a gasagem tem como objetivo eliminar fibras soltas existentes na malha utilizando uma chama, permitindo obter superfícies lisas e límpidas.

A gasagem é realizada no tecido seco e pode ser feita de duas formas: o tecido pode passar a grande velocidade numa placa de cobre rúbio, ou pode-se passar o tecido na proximidade de uma chama, sendo este o método mais utilizado [12,13].

- Mercerização: a mercerização é um processo que visa aumentar o brilho do artigo, o rendimento colorístico, a absorção dos corantes, a resistência à tração e a estabilidade dimensional.

O processo consiste na impregnação de uma solução concentrada de soda cáustica no tecido, sendo que este tem de estar tensionado. Este processo é realizado a frio. Se o artigo não estiver tensionado, o processo chama-se de caustificação, sendo o principal objetivo melhorar as propriedades tintoriais do mesmo [12].

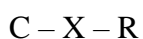
2.3.2 Processo de tingimento de fibras celulósicas

Os corantes reativos são a gama de corantes mais utilizada para o tingimento de algodão. Estes são solúveis em água, sendo adsorvidos pela fibra e reagem com ela, ao estabelecer uma ligação covalente com o substrato fibroso. A ligação covalente só acontece quando é adicionado o alcali (normalmente hidróxido de sódio e carbonato de sódio), uma vez que é necessário neutralizar o ácido que se forma aquando da ligação covalente, como mostra a figura 2.12.



Figura 2.12: Ligação covalente entre o corante e a fibra celulósica [11].

Os corantes reativos contêm um grupo cromóforo (C) e um grupo restivo (R), podendo existir um grupo de ligação entre eles (X), representando-se da seguinte forma [10]:



O grupo cromóforo confere cor ao corante, enquanto o grupo restivo reage com a fibra. Esta reação pode ser realizada por um mecanismo de adição, representado na figura 2.13, ou por um mecanismo de substituição, como o esquema da figura 2.14.

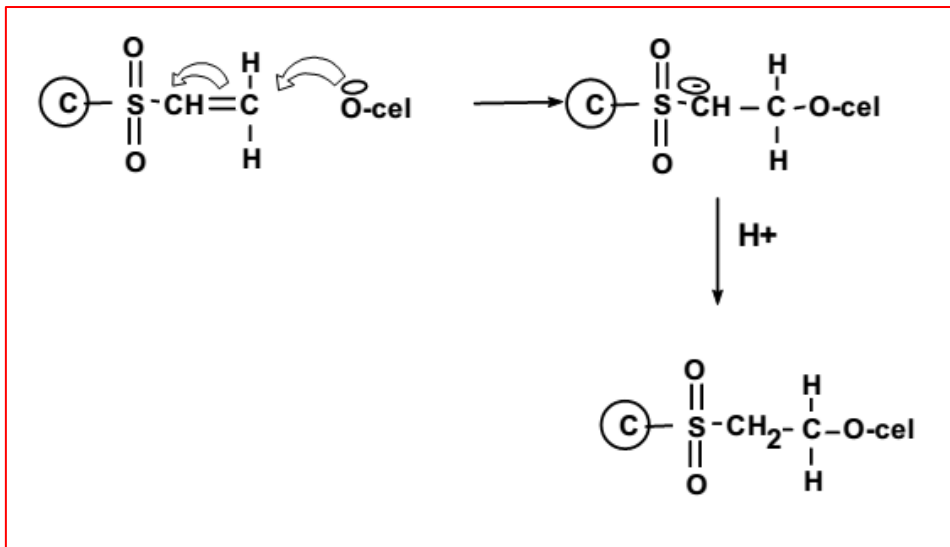


Figura 2.13: Mecanismo de adição entre um corante reativo e um substrato de celulose [10].

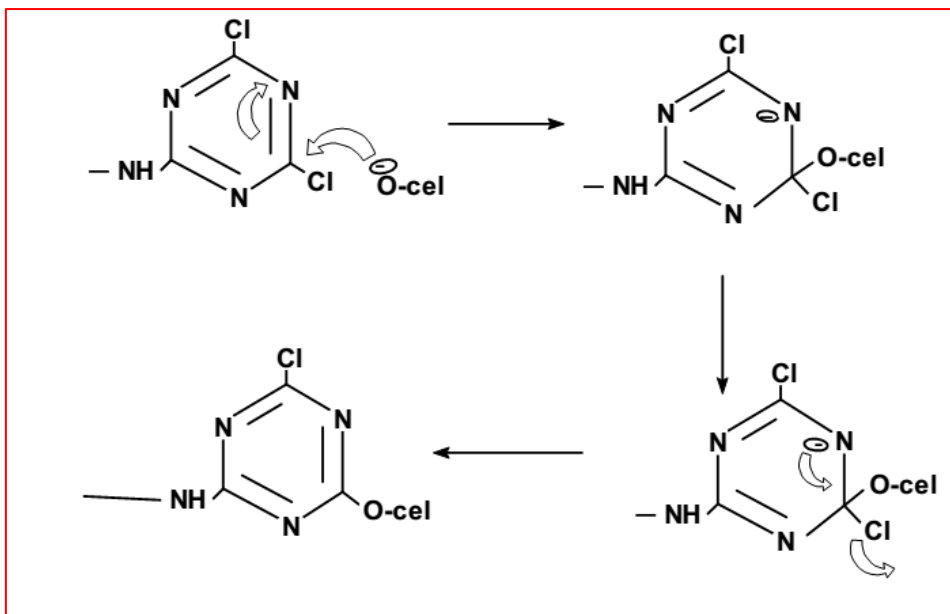


Figura 2.14: Mecanismo de substituição entre um corante reativo e um substrato de celulose [10].

As fibras celulósicas podem ser tingidas com cinco tipos de corantes [14]:

- Corantes cuba
- Corantes diretos
- Corantes sulfurosos
- Corantes azo
- Corantes reativos

As classes de corantes acima referidas podem ser divididas em três grandes grupos, conforme o seu princípio de tingimento, da seguinte forma [14]:

- Corantes com solubilidade temporária em água: pelo menos um dos compostos utilizado é solúvel em água, sendo aplicado sobre a fibra e, após uma reação química, é convertido numa reação colorida da fibra. Dentro deste grupo podem-se incluir os corantes cuba, sulfurosos e azo.
- Corantes com interações físico-químicas fracas com a fibra: corantes aniônicos solúveis com a afinidade média-alta para a fibra quando na presença de um eletrólito. Os corantes diretos tingem segundo este princípio.
- Corantes solúveis em água que são adsorvidos pela fibra celulósica e depois reagem com esta: os corantes estabelecem uma ligação covalente com a fibra, como é o caso dos corantes reativos.

Entre todas estas classes de corantes, o tingimento com corantes reativos é a única que se encontra em crescimento. Este tingimento pode ser descrito como um mecanismo que pode ser dividido em três fases, descritas de seguida [14,15]:

- Fase de adsorção e difusão
- Fase de fixação
- Fase de lavagem

Fase de adsorção e difusão:

Numa primeira fase, o corante é adsorvido pela fibra, difundindo-se na matriz celulósica. Esta fase é caracterizada por equilíbrio dinâmico, sendo completamente reversível, o que faz com que qualquer alteração no banho influencie o comportamento do corante instantaneamente [14].

A reação entre o corante e a fibra que ocorre nesta fase só ocorre se o grupo reativo do corante estiver próximo do grupo hidroxilo da celulose. Assim, a substantividade do corante é muito importante para um tingimento igualizado. Esta propriedade pode ser definida como o quociente entre a concentração de corante na fibra e a concentração de corante no banho no estado de equilíbrio, sendo que quanto menor o valor da

substantividade, menor a afinidade do corante para a fibra, ficando no banho de tingimento, podendo hidrolisar. Para além da substantividade, o grau de difusão, definido como a mobilidade do corante na matriz da celulose, é também importante para um tingimento igualizado, já que o corante deverá dispersar uniformemente na matriz [14].

Fase de fixação:

Sendo as condições favoráveis, o corante reage com os grupos hidroxilo da celulose, criando uma ligação covalente forte. Para além desta reação, ocorrem outras em simultâneo, tais como [14]:

Inativação de corante por hidrólise – o corante reage com as moléculas de água, quer no banho, quer no interior da fibra [15];

A ligação covalente pode ser quebrada por hidrólise alcalina, ficando o corante inativado, permanecendo ligado à fibra por forças físico-químicas fracas [15];

Reação do corante com componentes do banho, como moléculas com grupos amina livres e hidroxilo primários [14].

O tingimento do algodão com corantes reativos é realizado em dois passos, como mostrado na figura 2.15. Numa primeira etapa, são adicionados produtos auxiliares de tingimento, cloreto de sódio (ou sulfato de sódio) e o corante. O banho sobe a 60°C e, após 15 minutos, é adicionado o alcali (carbonato de sódio e soda cáustica). De seguida, o tingimento dá-se por mais 60 minutos, mantendo-se a 60°C, vazando o banho ao fim deste tempo. Após este processo, a malha tingida com corantes reativos tem de ser lavada, à temperatura de ebulição com detergente, de forma a eliminar o corante que não reagiu com a fibra.

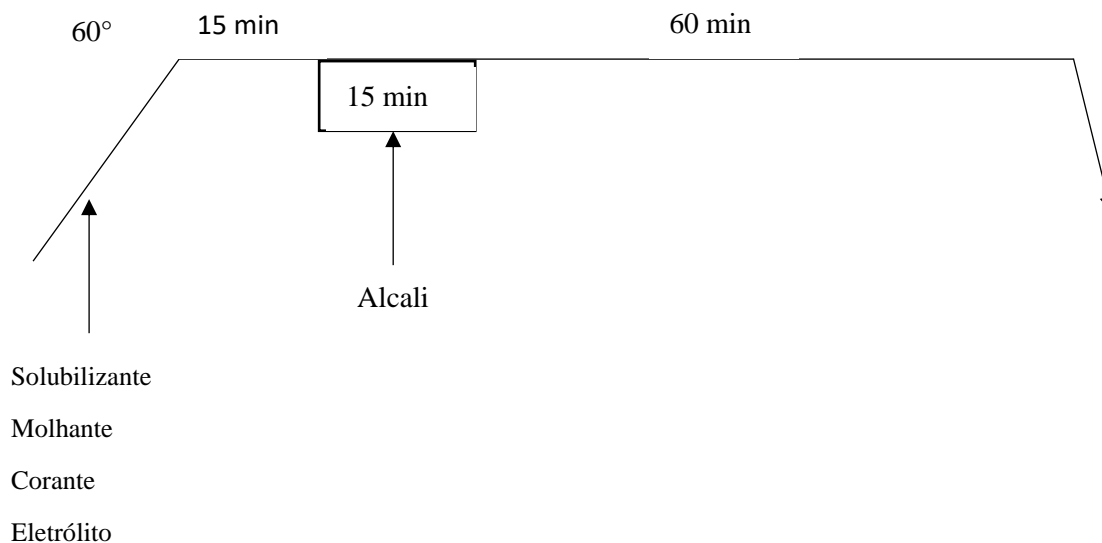


Figura 2.15: Processo de tingimento de algodão com corantes reativos utilizado na AQUITEX.

Solubilizante – permite solubilizar os corantes, controlar o esgotamento dos mesmos e dissolver as impurezas que acompanham a fibra de algodão

Molhante – permite obter tingimentos mais uniformes;

Eletrólito – permite aumentar a afinidade entre a fibra e o corante

No entanto, existem algumas variáveis a ter em atenção para que o processo ocorra nas melhores condições, e que contribuem para uma elevada substantividade e afinidade, propriedades descritas anteriormente. Estes parâmetros são descritos seguidamente.

- **Concentração do eletrólito**

Tanto o corante como a celulose, quando em água pura, apresentam um carácter aniónico, o que cria uma repulsão eletrostática (potencial de Donnan) entre ambos. Para que seja possível o tingimento é adicionado ao banho um eletrólito inerte, como cloreto de sódio ou sulfato de sódio (também designado de sal de Glauber), que suprime a barreira eletrostática e facilita o contacto entre a fibra e o corante, o que leva a um aumento da substantividade. Quanto maior a concentração de corante utilizado no banho, maior a quantidade de eletrólito utilizada [14, 16].

- **pH**

No caso de corantes com baixa solubilidade, como turquesas ou laranjas, uma brusca variação do pH faz com que estes se aglomerem, podendo criar manchas na fibra. Assim, as moléculas aglomeradas ficam com uma maior dimensão, o que torna mais difícil a sua adsorção pela fibra. Como consequência, fica mais corante no banho, diminuindo a substantividade [14,16].

- **Concentração de corante**

A superfície da fibra tem uma capacidade de adsorção limitada, começando a ficar saturada com o aumento da concentração de corante. Quanto maior a afinidade do corante com a fibra, mais tempo esta demorará a ficar saturada, sendo que quanto maior o grau de saturação, menor a substantividade [14,16].

- **Temperatura**

Quanto mais alta a temperatura de tingimento, menor a substantividade. Isto pode ser explicado porque a uma temperatura mais elevada, o estado de equilíbrio é atingido mais rapidamente, mas menor o esgotamento do corante. Já pelo contrário, uma temperatura de tingimento mais baixa leva a um maior esgotamento do corante, mas o estado de equilíbrio é atingido mais tardiamente, como mostra a figura 2.16 [14,16].

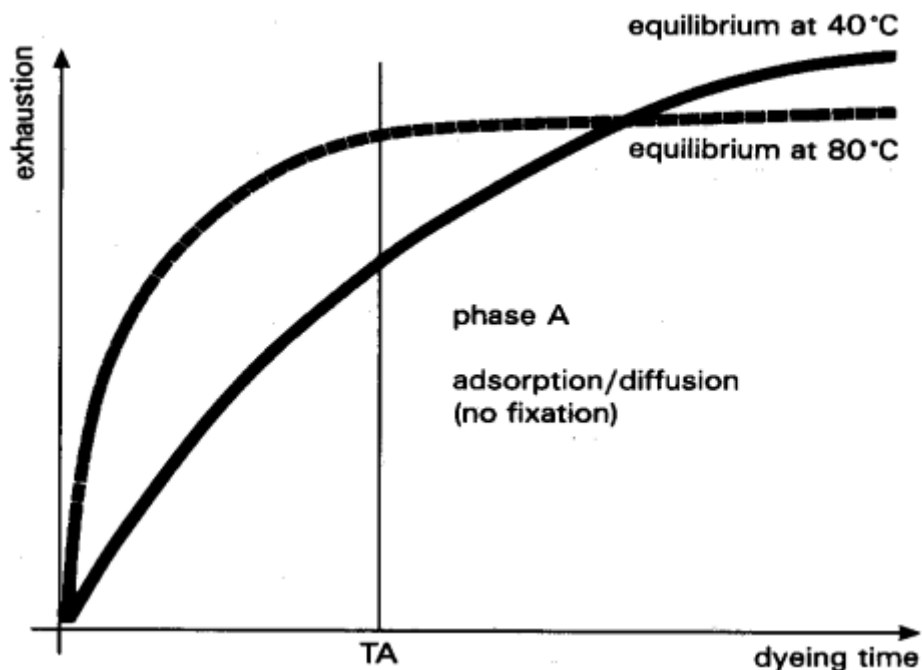


Figura 2.16: Influência da temperatura no tingimento [14].

- **Relação de banho**

Quanto maior a relação de banho (peso de fibra por volume de banho), menor a substantividade. Isto acontece devido à maior dispersão do corante pelo banho, diminuindo o seu contacto com a fibra [14,16].

2.4 Testes físicos às fibras têxteis

Os têxteis tingidos podem ser sujeitos a uma grande quantidade de testes físicos, quer seja para comprovar a qualidade do tingimento, quer do próprio têxtil. Dos testes físicos utilizados, podem-se enumerar os seguintes como os mais importantes:

- Resistência à tração
- Resistência ao rebentamento
- Resistência à abrasão
- Resistência à formação de borbotos
- Resistência dos acessórios
- Perda de peso
- Outros

Já em relação à qualidade do tingimento e do corante podem ser realizados os seguintes testes, entre outros:

- Solidez à lavagem
- Solidez à luz
- Solidez à água clorada
- Solidez à transpiração alcalina e ácida
- Solidez à mercerização
- Solidez à fricção
- Outros

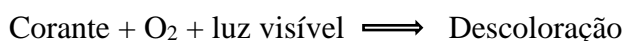
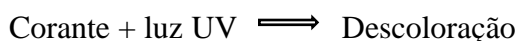
Todos os testes referidos são realizados seguindo as normativas correspondentes. No entanto, alguns testes são realizados de forma diferente conforme a normativa pedida seja europeia, americana ou chinesa.

2.4.1 Solidez à luz

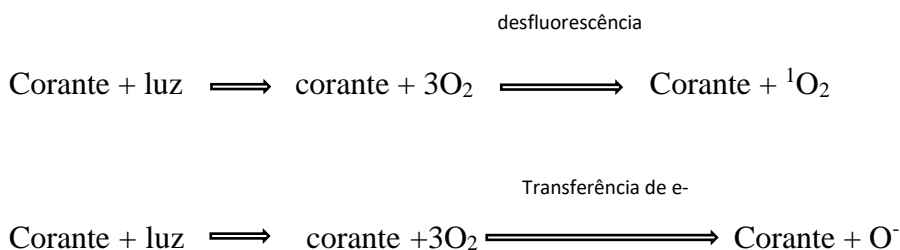
A solidez à luz dos corantes pode ser definida como a resistência do material tingido à alteração das suas características de cor quando exposto à luz solar ou a uma luz artificial. O tema da solidez é dos casos mais estudados, normalmente por recursos a métodos de tentativa/erro, pois o mecanismo que promove a degradação do corante não é bem conhecido.

Sendo os mecanismos de fotodegradação complexos, sabe-se que esta acontece devido à absorção da luz por parte do grupo cromóforo do corante. Quando isso acontece, este grupo pode transitar para o estado excitado, podendo ocorrer três fenómenos: o cromóforo pode ser desativado por fenómenos fotofísicos e de seguida voltar ao estado fundamental; pode libertar energia por fluorescência ou fosforescência ou pode reagir com o oxigénio molecular, formando oxigénio singleto.

A última hipótese é a que tem sido mais aprofundada, considerando-se que a perda de propriedades do corante ocorre devido a reações com o oxigénio. Vários estudos sugerem que a luz ultravioleta induz uma decomposição unimolecular e a luz visível causa uma foto-oxidação, como mostrado pelas reações seguintes [17]:



Assim sendo, têm sido estudadas as reações do corante com o oxigênio, principalmente com a formação do oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$) e do radical superóxido (O^-), que, após formados, destroem o corante.



Os ensaios de solidez à luz são realizados segundo a norma ISO 105-BO2:2014(E), sendo classificados por uma escala de azuis, que mostra a degradação correspondente a cada nível de solidez, que pode variar entre 1 (muito má solidez à luz) e 8 (muito boa solidez à luz).

2.5 Melhoria da solidez à luz – estudos realizados

Vários estudos já foram realizados no sentido de tentar melhorar a solidez à luz. Seguidamente, são assinalados alguns dos artigos publicados sobre o assunto.

- Em 2005, Crista e Vilarem estudaram a melhoria da solidez à luz do fio de algodão quando tingido com corantes naturais. Para isso, testaram a aplicação de absorvedores UV, antioxidantes e mistura dos mesmos, tendo obtido melhores resultados aquando do acabamento com vitamina C [18].
- Também em 2005, Mahltig *et al* desenvolveram um estudo sobre a melhoria da solidez à luz utilizando absorvedores orgânicos e inorgânicos, tais como óxido de zinco, óxido de titânio e óxido de níquel. A mistura dos dois tipos de absorvedores permitiu abranger uma maior gama do espectro UV, melhorando a durabilidade de corante. Apesar dos testes terem sido efetuados em vidro, o acabamento pode apresentar o mesmo efeito quando aplicado em têxteis [19].
- Aplicaram conjuntamente absorvedores UV e antioxidantes, tendo os melhores resultados sido obtidos com as combinações de vitamina C com fenil salicilato e com benzofenona [20].

- Em 2012, Thiagarajan e Nalankilli estudaram a melhoria de solidez à luz com antioxidantes e com absorvedores UV, tendo estes últimos de mostrado ineficazes a curto prazo, enquanto entre os antioxidantes, a utilização de vitamina C apresentou melhor resultado [7].

3. Procedimento Experimental

Este capítulo descreve os testes experimentais, desde a seleção dos produtos a testar até à sua aplicação.

3.1 Seleção dos produtos a testar

Como foi referido anteriormente, é possível evitar a degradação do corante pela luz de duas formas: criando uma camada protetora sobre o corante com espécies absorvedoras de radiação ultravioleta ou utilizando produtos antioxidantes que impeçam a oxidação do corante mesmo quando este é atingido pela radiação UV. Assim sendo, selecionaram-se alguns produtos que possuem uma das características acima mencionadas.

Entre os absorvedores de radiação UV existem uns de origem orgânica e outros de origem inorgânica. De origem orgânica, foram selecionados produtos já existentes no mercado, sendo eles os seguintes:

- ITOSORB AF20PS
- ITOFINISH VITAMIN E
- EVERTEX LF-01
- ADRASORV C-UV

De origem inorgânica, os absorvedores de radiação UV foram selecionados com base em artigos sobre o tema. Estes baseiam-se, principalmente, em óxidos de metais de transição, tendo sido testados os seguintes:

- Óxido de zinco
- Óxido de titânio
- Óxido de níquel

Quanto aos produtos antioxidantes, selecionaram-se alguns com base na literatura publicada e outros com base na aplicação em áreas distintas. Assim, os antioxidantes testados foram os seguintes:

- Ácido ascórbico
- Ácido gálico
- Ácido cítrico
- Extrato de Tara

- Extrato de Sumagre
- Amido
- Enzima Catalase
- Acetobutirato de celulose

3.2 Tingimento de malha 100% Algodão

Foi tingida malha 100% Algodão com corantes reativos, utilizando a seguinte tricomia:

1.28% Amarelo Everzol LX

1% Vermelho Everzol ED-3B

4% Navy Everzol ED

1 g/L Solubilizante

0,3 g/L Molhante

90 g/L Sal

5 g/L Carbonato de Sódio

2,2 mL/L Soda Cáustica 38°Bé

O processo de tingimento foi realizado a uma temperatura de 60°C durante 10 minutos, com adição do alcali neste ponto (carbonato de sódio e soda cáustica), rodando mais 60 minutos à mesma temperatura (seguindo o processo esquematizado na figura 2.15)

3.3 Aplicação dos produtos selecionados

Após o tingimento da malha com os corantes reativos, foram aplicados os vários produtos selecionados, por esgotamento, sob as condições mais adequadas. Estes

produtos funcionaram como produtos de acabamento com o objetivo de melhorar a solidez à luz.

Absorvedores UV inorgânicos

Para facilitar a sua aplicação, fez-se uma solução dos produtos, tentando fazer a diluição em água, inicialmente, o que não se mostrou viável, uma vez que os óxidos não diluíram completamente e começaram a depositar. Para conseguir ter uma diluição completa, todos os absorvedores UV inorgânicos foram diluídos em butildiglicol, numa razão de 1g de óxido em 9g de butildiglicol. Os absorvedores UV inorgânicos utilizados foram os seguintes: óxido de zinco, óxido de níquel e óxido de titânio. Estes foram aplicados a 1% durante 30 minutos a uma temperatura de 70°C. Fez-se também um ensaio em que se utilizou 1% de óxido de zinco em pó.

Estes ensaios foram realizados em duplicado, em que metade foram sujeitos a uma lavagem durante 5 minutos a 40°C e secagem posterior, e a outra metade secou logo após a aplicação dos produtos. Daqui, concluiu-se que a lavagem é importante para evitar o manchamento da malha. Pela mesma razão, também se verificou a necessidade de diluir os produtos e não os utilizar diretamente em pó.

Após estes ensaios, os que ficaram manchados foram descartados e os restantes foram sujeitos a testes de solidez à luz, solidez à lavagem e solidez à fricção.

Absorvedores UV orgânicos

Nesta categoria foram testados os seguintes produtos: ITOSORB AF20PS, ITOFINISH VITAMIN E, EVERTEX LF-01 e ADRASOR C-UV. Como estes são produtos existentes no mercado, foram aplicados nas condições ótimas seguindo a informação disponível.

Todos os produtos foram testados a 1%, sendo que o ITOSORB AF20PS, o EVERTEX LF-01 e o ADRASOR C-UV foram aplicados a 30°C durante 20 minutos, enquanto o ITOFINISH VITAMIN E foi aplicado a 50°C por 25 minutos. Após a aplicação, as amostras não foram lavadas, sendo apenas centrifugadas e secas.

Todos os ensaios se mostraram viáveis relativamente à diferença de cor e manchamento da malha, pelo que se realizou testes de solidez à luz, à lavagem e à fricção em todos eles.

Antioxidantes

Como antioxidantes, testou-se ácido ascórbico, ácido cítrico, ácido gálico e extrato de tara, numa primeira fase, o extrato de sumagre, numa segunda fase e o acetobutirato de celulose (em pó e diluído) no final. Sendo estes produtos em pó (à exceção de acetobutirato de celulose diluído), diluíram-se em água na razão de 1g de produto em 9g de água. Uma vez mais, na fase inicial, os produtos foram testados a 1%, sendo as suas condições de aplicação uma temperatura de 50°C durante 20 minutos. Após a aplicação não foi realizado nenhum passo posterior, sendo a malha seca de imediato. Numa fase mais adiantada do estudo, experimentou-se a aplicação de extrato de tara e de extrato de sumagre a 10%, nas mesmas condições acima descritas.

Também com propriedades de antioxidante, testou-se uma catalase. Esta estudou-se de três formas: aplicar antes do tingimento; aplicar antes e após o tingimento; e aplicar após o tingimento. Neste caso, aplicou-se 0,5 g/L de catalase, durante 10 minutos a uma temperatura de 40°C.

3.4 Ensaios de solidez à luz, à lavagem e à fricção

- **3.4.1 Solidez à luz**

Os ensaios de solidez à luz foram realizados segunda a norma ISO 105-BO2:2014(E),, que implica que um provete da amostra a testar seja sujeito a uma luz artificial que imita a luz do dia. Este provete tem a parte central tapada para que não lhe incida luz, ficando nestas condições durante as horas referentes ao grau de solidez que se tenta obter. A diferença de cor entre a parte onde está a incidir a luz e a parte que está resguardada da mesma é que ditará o grau de solidez que a amostra tem. Este grau é avaliado pela comparação com uma escala de azuis, como a da figura 3.1. Esta escala é sujeita ao mesmo procedimento que os provetes para poder haver uma comparação.



Figura 3.1: Escala de azuis antes (esquerda) e após (direita) ser sujeita à luz artificial.

No âmbito deste trabalho, os ensaios de solidez à luz foram realizados na empresa PIZARRO S.A.

- **3.4.2 Solidez à lavagem**

Os ensaios de solidez à lavagem foram realizados na AQUITEX, S.A., segundo a norma ISO 105 C06, em que uma amostra do tecido do tamanho do testemunho multifibras (figura 3.2), que tem 3 centímetros de largura, é lavada com um detergente específico. As condições de lavagem variam consoante o teste que se pretende, uma vez que esta norma engloba lavagens a várias temperaturas. Neste caso, o teste realizado foi o C2S, em que a amostra é lavada a 60° durante 30 minutos, com umas esferas de metal que simulam a agitação mecânica. Após a amostra e o testemunho estarem secos, é avaliada a diferença de cor entre o testemunho com e sem lavagem, sendo a classificação dada por uma escala de cinzas (figura 3.3).

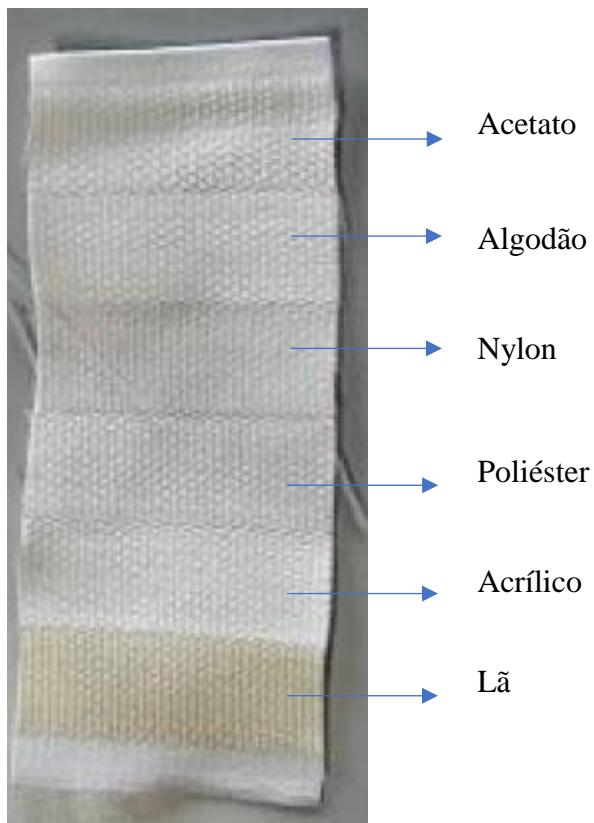


Figura 3.2: Testemunho multifibras para testes de solidez à lavagem segundo a norma ISO 105 C06 [21].

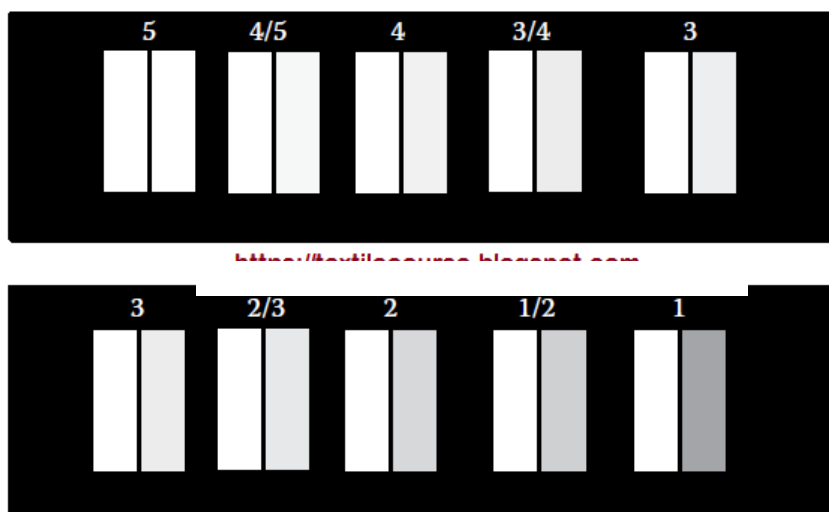


Figura 3.3: Escala de cinzentos [22]

- **3.4.3 Solidez à fricção**

Os ensaios de solidez à fricção foram também realizados na AQUITEX, S.A. Estes ensaios têm como normativa a NP EN ISSO 105-X12. Esta norma estabelece que o provete é friccionado com um tecido de algodão *standart* (figura 3.4) com recurso a um

equipamento chamado *crockmeter* (figura 3.5). Estes ensaios são realizados com o tecido *standart* seco e húmido (de modo a que fique com o dobro do peso seco), obtendo, assim, dois resultados: solidez à fricção a seco e solidez à fricção a húmido. O teste consiste em friccionar o tecido *standart* dez vezes no provete e avaliar os resultados com recurso a uma escala de cinzentos como a da figura 3.2.

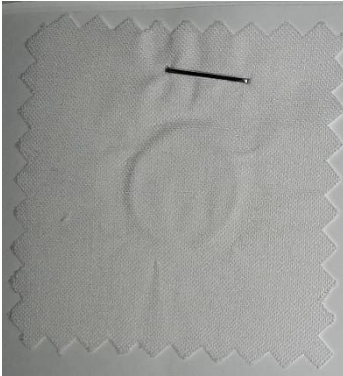


Figura 3.4: Tecido standart para solidez à fricção.



Figura 3.5: Crockmeter.

4 Resultados e Discussão

Os resultados da solidez à luz obtidos mostraram diversas formas de atuação de cada um dos produtos testados sobre a fibra, sendo que uns pioraram a solidez da malha não acabada, outros mantiveram o resultado igual, e, como principal destaque, o extrato de tara e de sumagre que melhoraram significativamente a solidez à luz.

Os testes de solidez à lavagem e de solidez à fricção serviram como apoio para a seleção dos produtos, uma vez que existe a necessidade de haver um compromisso entre os resultados dos três testes de solidez para selecionar um produto.

Na tabela 4.1 estão resumidos os resultados obtidos para a solidez à luz, sendo que no Anexo se podem ver os ensaios físicos quer deste teste, quer dos testes de solidez à lavagem e de solidez à fricção. De salientar que os resultados dos testes com o acetobutirato de celulose não foram obtidos a tempo de se encontrarem neste relatório, uma vez que, como foi o último produto testado, numa fase já adiantada do trabalho.

Tabela 4.1: Resultados dos ensaios de solidez à luz.

Categoria	Ensaio	Descrição	Solidez à luz
	1	Sem acabamento	3/4
Absorvedores UV inorgânicos	2	1% Óxido de Zinco	3/4
	3	1% Óxido de Níquel	2/3
	4	1% Óxido de Titânio	2/3
Absorvedores Orgânicos	5	1% Itosorb AF20PS	3/4
	6	1% Itofinish VITAMIN E	3/4
	7	1% Evertex LF-01	3/4
	8	1% Adrasorv C-UV	3
Antioxidantes	9	1% Ácido Ascórbico	3
	10	1% Ácido Gálico	3/4
	11	1% Ácido Cítrico	3
	12	1% Extrato de Tara	4
	13	0,5 g/L Catalase Antes do tingimento	2/3
	14	0,5 g/L Catalase antes e após o tingimento	3/4
	15	0,5 g/L Catalase após o tingimento	4
	16	1% Amido	3/4
	17	10% Extrato de Tara	4
	18	10% Extrato de Sumagre	4/5

Numa primeira fase, foram realizados os ensaios 1 a 16. Dos resultados obtidos, selecionou-se o extrato de tara para prosseguir o estudo numa segunda fase. Nessa altura surgiu a possibilidade de testar, também, o extrato de sumagre, com a indicação de que, a exemplo da sua utilização na indústria do couro, o segundo poderia conduzir a melhores resultados que o primeiro, o que se veio a verificar.

Nos testes de solidez à fricção e de solidez à lavagem verificou-se que nenhum dos produtos piorava em relação à malha sem acabamento. No entanto, foi notória uma perda de resistência da malha quando acabada com ácido cítrico.

Fazendo a avaliação dos resultados de solidez à luz por categoria, verifica-se que, dos Absorvedores UV inorgânicos, apenas o óxido de zinco não piora a classificação; dos Absorvedores UV orgânicos, nenhum deles consegue melhorar o resultado em comparação com a amostra sem acabamento; por fim, os antioxidantes conseguem obter melhorias na solidez à luz, com os extratos de tara e de sumagre.

Após a avaliação dos resultados globais, verificou-se que os extratos de tara e de sumagre (ambos derivados de plantas), têm potencial para ser desenvolvidos como produtos de melhoria da solidez à luz. Além disso, apresentam a vantagem de serem produtos de origem vegetal, naturais, podendo ser uma alternativa sustentável ao que já existe no mercado, sustentabilidade essa que é cada vez um fator mais importante e mais fundamental aquando da escolha de um produto.

5 Conclusões e Propostas de trabalhos futuros

O estudo da solidez à luz dos têxteis tingidos com corantes reativos continua a ser uma área em que o conhecimento ainda apresenta algumas incertezas, uma vez que a química a reação que leva à degradação da cor ainda não está completamente compreendida, existindo apenas a noção de que a luz ataca o grupo cromóforo, oxidando-o.

Com base na literatura já publicada sobre o tema, este estudo encaminhou-se para a procura de uma solução fundamentada na criação de um produto que melhorasse a solidez à luz do tingimento. Assim, encontraram-se duas vias de estudo: utilizar um produto com propriedades absorvedoras de radiação ultravioleta, que impedisse a sua atuação direta sobre o corante e o degradasse; ou um produto que, mesmo quando sujeito à incidência da luz, não favorecesse a reação de oxidação pela luz, ou seja, um produto antioxidante.

Dos dois tipos de produtos testados, os que se mostraram mais promissores foram os antioxidante, tendo sido obtidos resultados satisfatórios com o extrato de tara (melhoria de meio ponto na solidez à luz), e ainda mais promissores com a aplicação de extrato de sumagre, que melhorou um ponto a solidez, numa cor que, sem acabamento, já tinha um resultado de 3/4, um valor aceitável para grande parte do mercado.

Futuramente, seria interessante aprofundar o estudo da reação entre o antioxidante, a luz e o corante, para tentar perceber o mecanismo de ação do produto que faz melhorar a solidez. Para além disso, uma outra hipótese que não foi possível ser estudada durante esta dissertação, seria estudar a alteração da molécula de corante de modo a que o grupo cromóforo ficasse mais protegido da ação da radiação no que respeita ao efeito sobre a cor.

Bibliografia

- [1] http://www.aquitex.com/web/galeria/certificados/pdf/certificado_iso.pdf. AQUITEX. (Acedido em 12 de abril de 2018).
- [2] Guia Técnico do Setor Têxtil. INETI. 2000. www.netresiduos.com/Handlers/FileHandler.ashx?id=366&menuid=111. PDF descarregado a 30 de março de 2018
- [3] A Indústria Têxtil e do Vestuário Portuguesa. ATP. http://formacao.aeportugal.pt/docs/aep-formacao-documentos/ppii_apresenta%C3%A7%C3%A3o-jo%C3%A3o-costa.pdf?sfvrsn=2 (acedido em 14 de abril de 2018).
- [4] ATP. <http://www.atp.pt/gca/index.php?id=596> (acedido a 28 abril 2018)
- [5] ATP. <http://www.atp.pt/gca/index.php?id=597> (acedido a 28 abril 2018)
- [6] ATP. <http://www.atp.pt/gca/index.php?id=18> (acedido a 28 abril 2018)
- [7] Needles, H, 1986, *Textile Fibers, Dyes, Finishes and Processes. A Concise Guide*. New Jersey (USA). Noyes Publications. ISBN 0-8155-1076-4.
- [8] Fergusson, S. (2008). *The Effect of Laundry Detergents and Residual Alkali on the Light Fastness of Reactive Dyes on 100% Cotton*. Tese de Mestrado em Tecnologia, School of Fashion & Textiles, RMIT University.
- [9] Clark, M., 2011, *Handbook of Textile and Industrial Dyeing. Volume 2: Applications of Dyes*. Cornwaal (UK). Woodhead Publishing. ISBN 978-0-85709-491-9.
- [10] Gomes, J., 2000, *Química da Cor e dos Corantes*. Braga (Portugal).
- [11] Chakraborty, J.N., 2010. *Fundamentals and Practices in Colouration of Textiles*. Nova Deli (India). Woodhead Publishing. ISBN 978-81-908001-4-3.
- [12] Informação Técnica AQUITEX.
- [13] Tingimento da Fibra de algodão com corantes diretos. Universidade Lusíada.
- [14] Corantes reativos – Princípios Básicos. Apresentação HUNTSMAN Materials and Effects, Nuno Martins.
- [15] Reactive dyes. Basic Principles. Cibacron C Documentation. 1989.

- [16] Apontamentos Tingimento e Ultimação I. Gomes, J., Universidade do Minho.
- [17] Thiagarajan, P., Nalankilli, G. *Improving light fastness of reactive dyed cotton fabric with antioxidante and UV absorbers*. Indian Journal of Fibre & Textile Research. 2013.
- [18] Cristea, D., Vilarem, G., *Improving light fastness of natural dyes on cotton yarn*. Dyes and Pigments 70. 2006.
- [19] Diechmann,U et al. *Optimized UV protecting coatings by combination of organic and inorganic UV absorbers*. Thin Solid Films 485. 2005.
- [20] Thiagarajan, P., Nalankilli, G. *Improving light fastness of reactive dyed cotton fabric with combined applications of ultravioleta absorbers and antioxidants*. Science International. 2014.
- [21] <https://textilelearner.blogspot.com/2013/01/color-fastness-to-wash-iso-105-c06.html>. (acedido em 12 de julho de 2019).
- [22] <https://textilecourse.blogspot.com/2018/04/colour-fastness-properties-textiles.html>. (acedido em 12 de julho de 2019).

Anexos

Anexo A – Diferentes tipos de fibras Naturais e Sintéticas

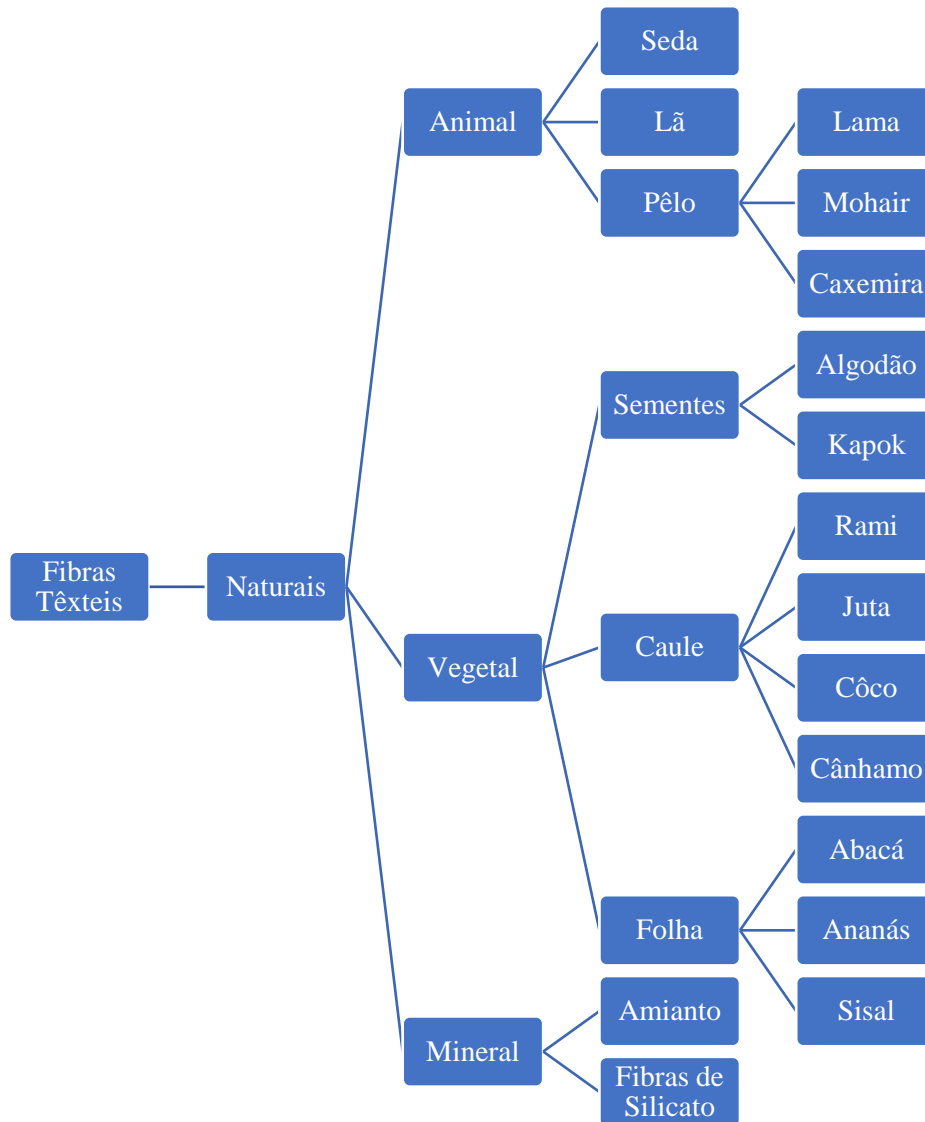


Figura A.1 Fibras Naturais.

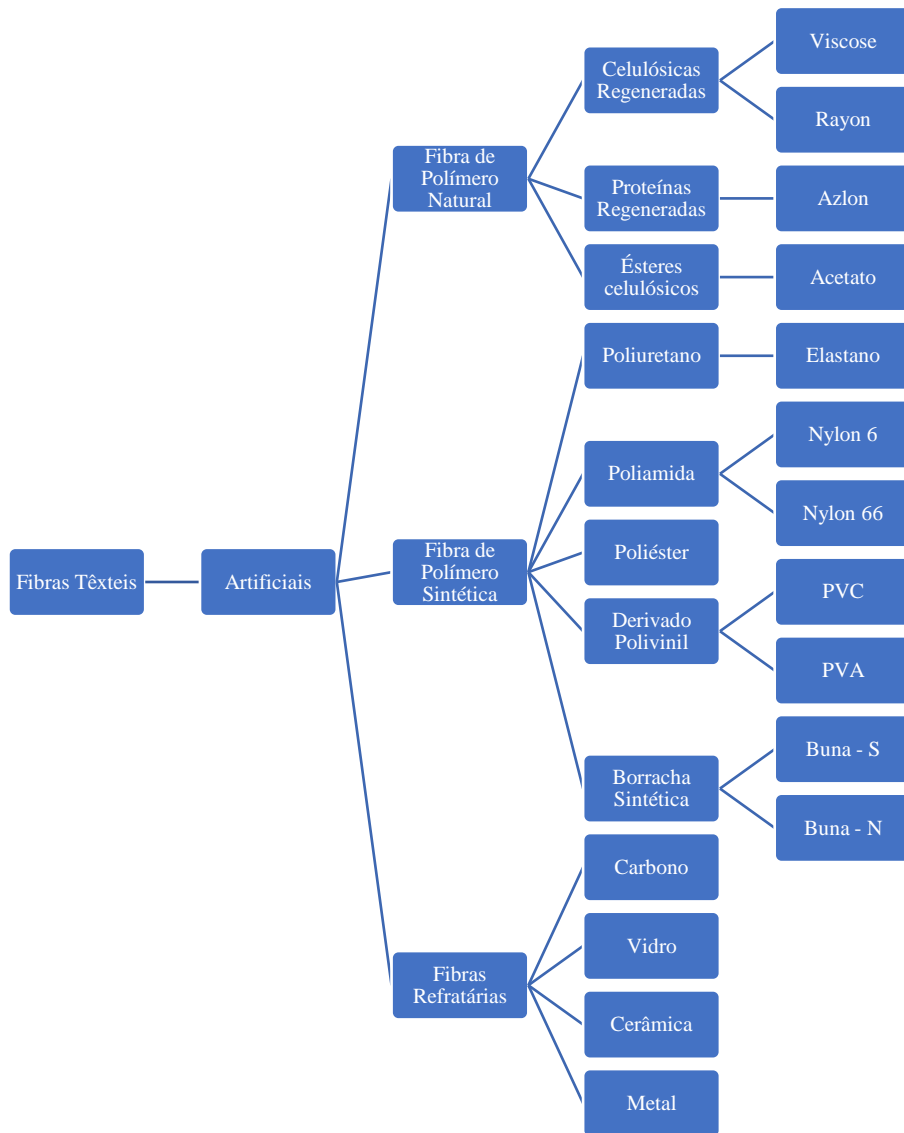


Figura A.2 Fibras Sintéticas.

Anexo B – Ensaio Físicos

Tabela B.1: Ensaio de solidez na malha Sem Acabamento.


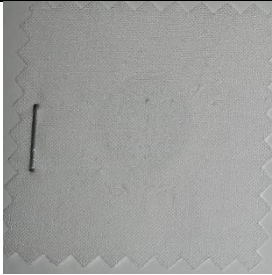


Solidez à Luz	Solidez à Fricção	Solidez à Lavagem
	 <p>Solidez à fricção a seco</p>	
	 <p>Solidez à fricção a húmido</p>	

Tabela B.2: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de Óxido de Zinco.


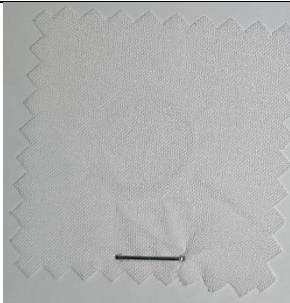

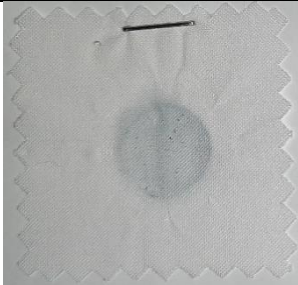
Solidez à Luz	Solidez à Fricção	Solidez à Lavagem
	 <p>Solidez à fricção a seco</p>	
	 <p>Solidez à fricção a húmido</p>	

Tabela B.3: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de Óxido de Níquel.


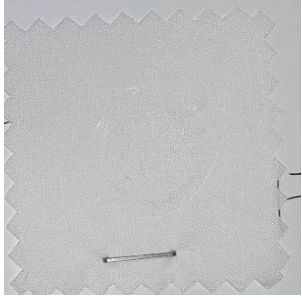

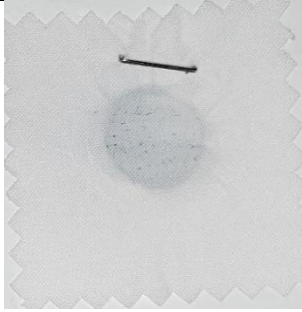
Solidez à Luz	Solidez à Fricção	Solidez à Lavagem
	 <p data-bbox="619 636 927 674">Solidez à fricção a seco</p>	
	 <p data-bbox="619 1016 970 1055">Solidez à fricção a húmido</p>	

Tabela B.4: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de Óxido de Titânio.


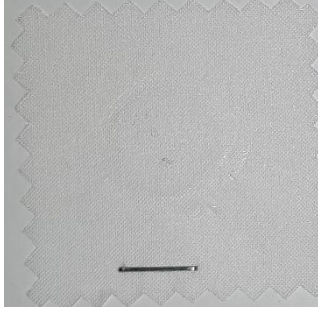
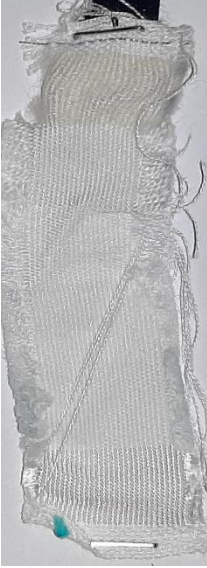
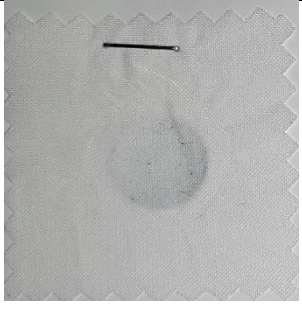
Solidez à Luz	Solidez à Fricção	Solidez à Lavagem
	 <p data-bbox="619 1592 927 1630">Solidez à fricção a seco</p>	
	 <p data-bbox="619 1975 970 2013">Solidez à fricção a húmido</p>	

Tabela B.5: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de ITOSORB AF20PS.



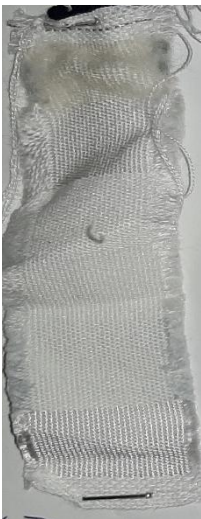
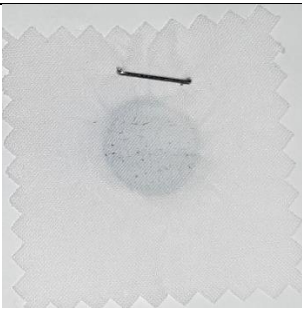
Solidez à Luz	Solidez à Fricção	Solidez à Lavagem
	 <p>Solidez à fricção a seco</p>	
	 <p>Solidez à fricção a húmido</p>	

Tabela B.6: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de ITOFINISH VITAMIN E.


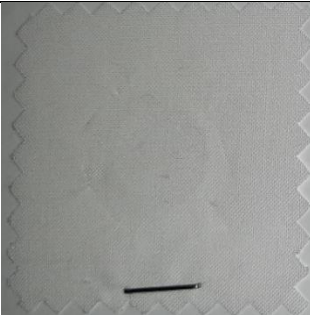

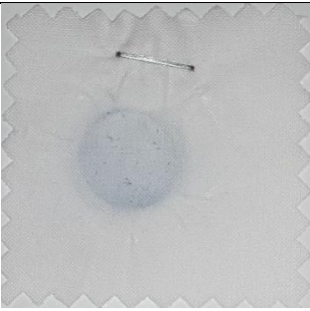
Solidez à Luz	Solidez à Fricção	Solidez à Lavagem
	 <p>Solidez à fricção a seco</p>	
	 <p>Solidez à fricção a húmido</p>	

Tabela B.7: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de EVERTEX LF-01.




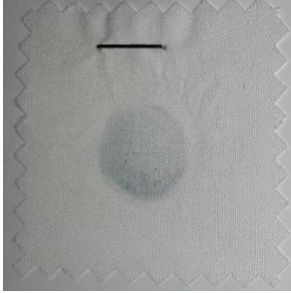
Solidez à Luz	Solidez à Fricção	Solidez à Lavagem
	 <p data-bbox="609 645 916 680">Solidez à fricção a seco</p>	
	 <p data-bbox="609 1010 959 1046">Solidez à fricção a húmido</p>	

Tabela B.8: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de ADRASORV C-UV.




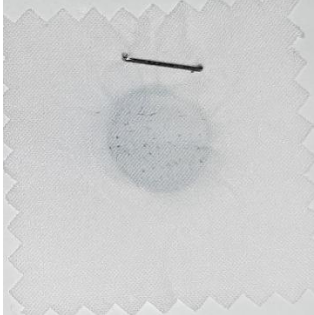
Solidez à Luz	Solidez à Fricção	Solidez à Lavagem
	 <p data-bbox="609 1585 916 1621">Solidez à fricção a seco</p>	
	 <p data-bbox="609 1977 959 2013">Solidez à fricção a húmido</p>	

Tabela B.9: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de Ácido Ascórbico.


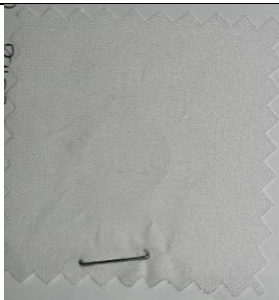

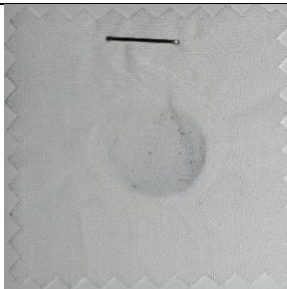
Solidez à Luz	Solidez à Fricção	Solidez à Lavagem
	 <p>Solidez à fricção a seco</p>	
	 <p>Solidez à fricção a húmido</p>	

Tabela B.10: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de Ácido Gálico.




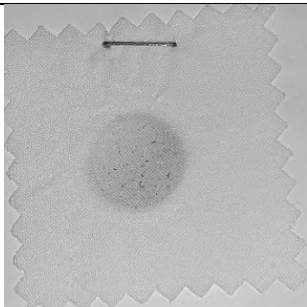
Solidez à Luz	Solidez à Fricção	Solidez à Lavagem
	 <p>Solidez à fricção a seco</p>	
	 <p>Solidez à fricção a húmido</p>	

Tabela B.11: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de Ácido Cítrico.


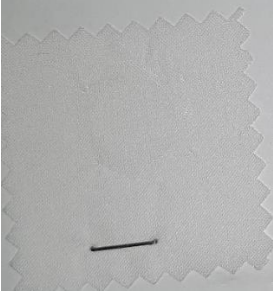


Solidez à Luz	Solidez à Fricção	Solidez à Lavagem
	 <p data-bbox="611 633 916 667">Solidez à fricção a seco</p>	
	 <p data-bbox="611 1014 959 1048">Solidez à fricção a húmido</p>	

Tabela B.12: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de Extrato de Tara.


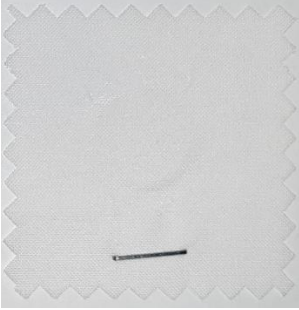
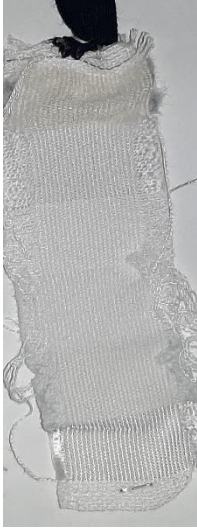
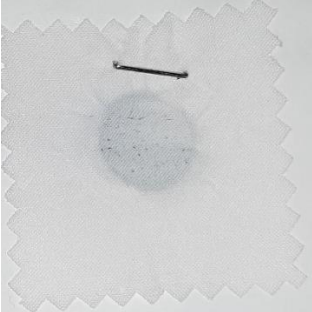
Solidez à Luz	Solidez à Fricção	Solidez à Lavagem
	 <p data-bbox="611 1597 916 1630">Solidez à fricção a seco</p>	
	 <p data-bbox="611 1980 959 2013">Solidez à fricção a húmido</p>	

Tabela B.13: Ensaio de solidez na malha com aplicação de 0,5 g/L de Catalase antes do tingimento.


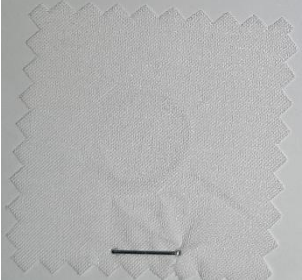

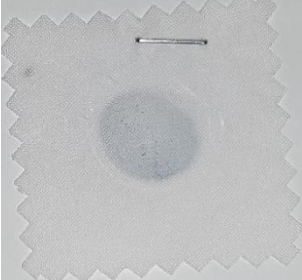
Solidez à Luz	Solidez à Fricção	Solidez à Lavagem
	 <p data-bbox="611 622 914 656">Solidez à fricção a seco</p>	
	 <p data-bbox="611 981 914 1014">Solidez à fricção a húmido</p>	

Tabela B.14: Ensaio de solidez na malha com aplicação de 0,5 g/L de Catalase antes e após o tingimento.


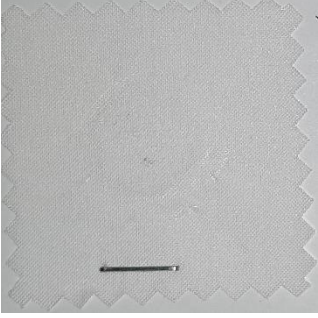
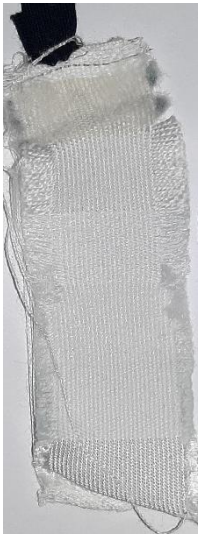
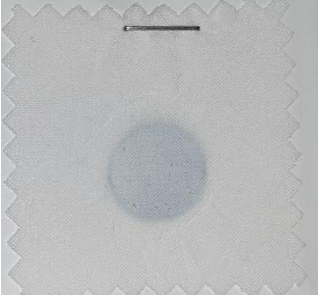
Solidez à Luz	Solidez à Fricção	Solidez à Lavagem
	 <p data-bbox="611 1563 914 1597">Solidez à fricção a seco</p>	
	 <p data-bbox="611 1933 914 1966">Solidez à fricção a húmido</p>	

Tabela B.15: Ensaio de solidez na malha com aplicação de 0,5 g/L de Catalase após o tingimento.


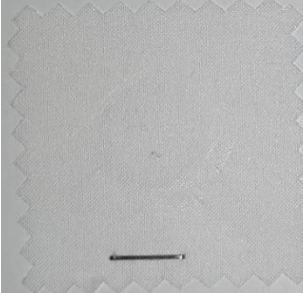

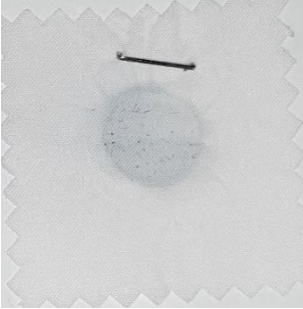
Solidez à Luz	Solidez à Fricção	Solidez à Lavagem
	 Solidez à fricção a seco	
	 Solidez à fricção a húmido	

Tabela B.16: Ensaio de solidez na malha acabada com 1% de Amido.


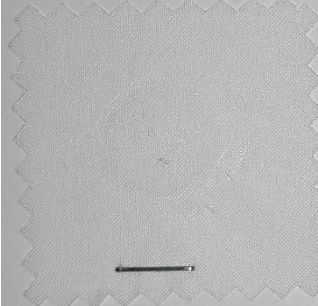


Solidez à Luz	Solidez à Fricção	Solidez à Lavagem
	 Solidez à fricção a seco	
	 Solidez à fricção a húmido	

Tabela B.17: Ensaio de solidez na malha acabada com 10% de Extrato de Tara.


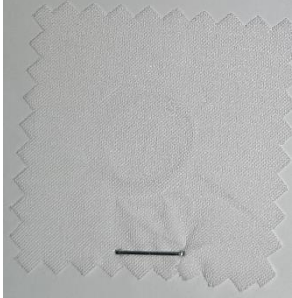
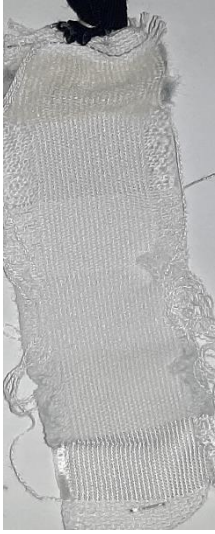
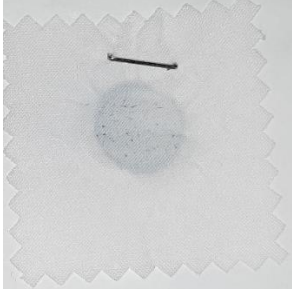

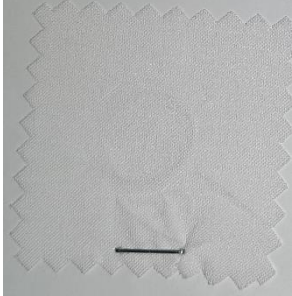

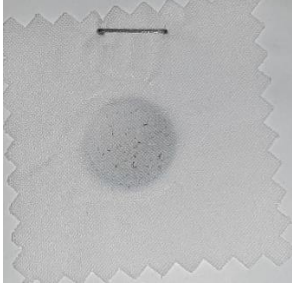
Solidez à Luz	Solidez à Fricção	Solidez à Lavagem
	 <p data-bbox="609 640 916 674">Solidez à fricção a seco</p>	
	 <p data-bbox="609 1010 959 1043">Solidez à fricção a húmido</p>	

Tabela B.18: Ensaio de solidez na malha acabada com 10% de Extrato de Sumagre.

Solidez à Luz	Solidez à Fricção	Solidez à Lavagem
	 <p data-bbox="609 1579 916 1612">Solidez à fricção a seco</p>	
	 <p data-bbox="609 1944 959 1977">Solidez à fricção a húmido</p>	