

Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Soraia Patrícia da Cunha Araújo

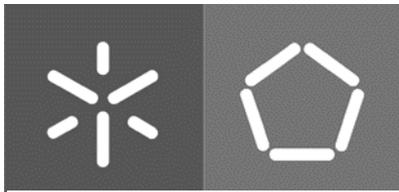
Avaliação da eficácia de diferentes estabilizadores do peróxido de hidrogénio no branqueamento de fibras celulósicas

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Química Têxtil

Trabalho efetuado sob orientação da **Professora Doutora Teresa Maria Figueiredo Passos Ramos Mota Miranda**

Outubro de 2019



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Soraia Patrícia da Cunha Araújo

Avaliação da eficácia de diferentes estabilizadores do peróxido de hidrogénio no branqueamento de fibras celulósicas

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Química Têxtil

Trabalho efetuado sob orientação da **Professora Doutora Teresa Maria Figueiredo Passos Ramos Mota Miranda**

Outubro de 2019

Declaração

Nome: Soraia Patrícia da Cunha Araújo

Endereço eletrónico: pg33834@uminho.pt

Telefone: +351 910 414 287

Número do Bilhete de Identidade: 14352052 0 ZX4

Título da dissertação: Avaliação da eficácia de diferentes estabilizadores do peróxido de hidrogénio no branqueamento de fibras celulósicas

Orientadora: Professora Doutora Teresa Maria Figueiredo Passos Ramos Mota Miranda

Ano de conclusão: 2019

Designação do Mestrado: Mestrado em Química Têxtil – Departamento de Engenharia Têxtil

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, ___/___/____

Assinatura: _____

(Soraia Patrícia da Cunha Araújo)

Outubro de 2019

Agradecimentos

A realização deste trabalho não teria sido possível sem a ajuda preciosa de algumas pessoas, que desde já gostaria de lhes agradecer imenso pelo apoio, ajuda e confiança prestadas durante toda esta fase.

Primeiramente agradeço à minha orientadora, Doutora Teresa Miranda, por toda a disponibilidade, sabedoria, atenção, apoio constante, empenho contínuo e orientação que me prestou ao longo de toda a Dissertação de Mestrado. Gostaria de agradecer, toda a motivação que sempre demonstraram desde o início até ao fim da dissertação, assim como toda a preocupação e ajuda para que não me faltasse nada para poder concluir este trabalho.

Quero também agradecer a empresa *Riler Indústria Têxtil, S.A.* por me ter acolhido e disponibilizado toda a ajuda necessária. Gostaria ainda de agradecer ao Engenheiro Tomé Dias pelo apoio e confiança prestada durante a minha fase na empresa.

Gostaria de agradecer também ao Doutor Jorge Santos pela disponibilidade e ajuda prestada na realização da parte estatística do trabalho.

Gostaria de agradecer a todas as técnicas do laboratório da empresa *Riler Indústria Têxtil, S.A.* a Dona Maria José, à Lúcia, à Carla e à Juliana, por toda a ajuda, a disponibilidade e a forma como me receberam. Quero ainda agradecer ao Serginho e ao Joel por toda a disponibilidade e paciência que tiveram ao me explicarem todo o processo produtivo.

Quero também agradecer às técnicas de laboratório Anabela Pereira e Ângela Silva e ao Engenheiro Joaquim Jorge, por toda a ajuda e disponibilidade prestados no manuseio de diferentes aparelhos e reagentes.

Por fim e não menos importante gostaria de agradecer à minha família e ao meu namorado, por todo o apoio, força e motivação durante todo este percurso, não me deixando desistir quando por vezes os dias eram mais complicados.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Resumo

Pretendeu-se nesta dissertação desenvolver um processo de tratamento prévio, mais concretamente uma branqueação, tendo em vista a melhoria do processo, na empresa *Riler Indústria Têxtil, S.A.*. Para tal, procedeu-se à incorporação de novos estabilizadores no banho da meia branqueação do algodão, com o objetivo de avaliar a eficácia destes agentes químicos neste processo de tratamento, quer a nível do substrato têxtil, quer no procedimento industrial.

Para efetuar a melhoria do processo de branqueamento, definiram-se duas etapas. Numa primeira fase, estudou-se e avaliou-se o processo produzido na empresa. Esta etapa teve como principal objetivo aprender como funciona o processo de branqueio numa unidade industrial, em grande escala. Após compreendido o processo de produção do substrato têxtil realizou-se um branqueio conforme a receita utilizada na empresa. Outro dos objetivos nesta primeira etapa foi reproduzir o processo de branqueamento efetuado na empresa e controlá-lo à escala laboratorial.

A segunda etapa foi realizada no laboratório da Universidade do Minho, onde foram testados outros estabilizadores, cedidos gentilmente pela empresa *Riler Indústria Têxtil, S.A.*, no branqueio de um tecido 100% algodão, vulgarmente conhecido por tecido turco ou felpo. A constituição é diferente em todos os estabilizadores, sendo o *Toxal 17N* o único constituído apenas por compostos orgânicos. O *Toxesperse Roll* tem na sua constituição silicatos e o *Toxal H₂O₂* é uma mistura de compostos orgânicos e silicatos.

Neste trabalho foi avaliada a decomposição de peróxido de hidrogénio, o grau de branco, as propriedades de hidrofiliidade e mecânicas no processo de branqueamento do algodão. A avaliação dos resultados obtidos, no que diz respeito à decomposição do peróxido de hidrogénio ao longo do processo de branqueamento, foi realizada de acordo com o procedimento descrito na norma *AATCC Test Method 102-2002*. A avaliação do grau de branco foi efetuada durante o processo, ao fim de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos. Para avaliar a hidrofiliidade do algodão, procedeu-se à determinação do ângulo de contacto. Por fim, para analisar as propriedades mecânicas, realizou-se o teste da resistência à tração à teia e à trama.

Analisando os resultados obtidos após a realização do procedimento descrito na norma *AATCC Test Method 102-2002*, pode concluir-se que o uso de estabilizador efetivamente reduziu a velocidade de decomposição do peróxido de hidrogénio. Aos 60 minutos pode-se observar que os

estabilizadores *Toxesperse Roll* e o *Toxal H₂O₂* destacam-se como sendo bons retardadores na decomposição do peróxido de hidrogénio em relação aos restantes.

Em relação à hidrofiliidade, constatou-se que o estabilizador *Toxesperse Roll* se revelou ser o mais eficaz, tornando o felpo mais hidrófilo (59°) em relação ao estabilizador usado na empresa, o *Ruco-Flow AIL* (78,9°), tal como os restantes estudados o *Toxal H₂O₂* (71,5°) e o *Toxal 17N* (71,19°). Quanto ao grau de branco, observou-se que o substrato branqueado com *Toxesperse Roll* apresenta um valor de 65,54 na escala de *Berger*, tal como o *Ruco-Flow AIL* (65,89), enquanto que os estabilizadores *Toxal H₂O₂* e o *Toxal 17N* apresentam valores ligeiramente inferiores sendo respetivamente de 64,09 e de 64,07.

No que diz respeito às propriedades mecânicas pode-se dizer que a resistência à tração no sentido da trama aumenta com o uso do *Toxesperse Roll* (401,5 N) apesar de não ser o estabilizador mais eficaz. O estabilizador usado pela empresa, o *Ruco-Flow AIL* e o *Toxal H₂O₂* apresentam maior eficácia sobre esta propriedade, obtendo-se uma força de rutura média de 461,89N e 457,5N respetivamente. Pelo contrário o *Toxal 17N* é o estabilizador menos eficaz obtendo-se uma força de rutura média de 372,7N. Em relação ao alongamento pode-se concluir que o uso de estabilizador melhora esta propriedade, apesar de não ser o mais eficaz, tal como na resistência à tração.

Em suma pode-se concluir que, o *Toxesperse Roll* pode ser uma alternativa ao uso do *Ruco-Flow AIL* uma vez que aos 60 minutos de branqueamento este estabilizador se mostra dos mais eficazes na diminuição da velocidade de decomposição do peróxido de hidrogénio. Por outro lado, o *Toxesperse Roll* proporciona uma maior hidrofiliidade ao algodão durante o processo de branqueamento. Em relação ao grau de branco também proporciona um valor idêntico ao evidenciado pelo *Ruco-Flow AIL*. No que diz respeito às propriedades mecânicas, apesar de o *Ruco-Flow AIL* apresentar forças de rotura superiores no sentido da trama, o estabilizador proporciona ao algodão uma resistência aceitável após o branqueamento.

Abstract

The aim of this dissertation it was to develop a pre-treatment process, namely bleaching, in order to improve the process, in the enterprise Riler Indústria Têxtil, SA. To this end, new stabilizers were incorporated into the cotton half-bleaching bath, in order to evaluate the effectiveness of these chemical agents in that treatment process, either in the textile substrate level and either in the industrial procedure.

To carry out this improvement process, two steps were defined. In a first phase, the process produced in the enterprise was studied and evaluated. The main aim of this step was to learn how the bleaching process works in a large-scale industrial unit.

After understanding the production process of the textile substrate, a whitening was performed according to the recipe used in the enterprise.

Another of the objectives of this first stage was to reproduce the bleaching process carried out in the enterprise and to control it on a laboratory scale

The second step was carried out at the Minho University laboratory, where other stabilizers were tested, courtesy of the enterprise Riler Indústria Têxtil, S.A., in the bleaching of a 100% cotton fabric, commonly known as Turkish or terry cloth.

The chemical composition is different in all stabilizers, with Toxal 17N being the only one consisting only of organic compounds. Toxesperse Roll has a silicate base and Toxal H₂O₂ is a mixture of organic compounds and silicates.

In this work the hydrogen peroxide decomposition, the white degree, the hydrophilicity and mechanical properties in the cotton bleaching process were evaluated. The results evaluation of the obtained with regard to the hydrogen peroxide decomposition throughout the bleaching process was performed according to the procedure described in AATCC Test Method 102-2002.

The evaluation of the white degree was performed during the process, after 10, 20, 30.40, 50 and 60 minutes. To assess the cotton hydrophilicity, the contact angle was determined. Finally, to analyze the mechanical properties, the tensile strength test for the warp and weft was performed.

Analyzing the results obtained after performing the procedure described in AATCC Test Method 102-2002, it can be concluded that the use of stabilizer effectively reduced the rate of

hydrogen peroxide decomposition. At 60 minutes it can be seen that the stabilizers Toxesperse Roll and Toxal H₂O₂ stand out as being good retardants in the decomposition of hydrogen peroxide relative to the others.

Regarding hydrophilicity, it was found that the Toxesperse Roll stabilizer proved to be the most effective, making the cotton more hydrophilic (59°) compared to the stabilizer used in the enterprise, the Ruco-Flow AIL (78,9°), as the others studied, Toxal H₂O₂ (71,5°) and Toxal 17N (71,19°).

As for the white degree, it was observed that the Toxesperse Roll bleached substrate has a value of 65,54 on the Berger scale, as did Ruco-Flow AIL (65,89), while the Toxal H₂O₂ and Toxal 17N stabilizers presented values slightly lower than 64,09 and 64,07 respectively.

Regarding mechanical properties it can be stated that the tensile strength in the weft direction increases with the use of Toxesperse Roll (401,5 N) although it is not the most effective stabilizer. The stabilizer used by the company, the Ruco-Flow AIL and the Toxal H₂O₂ are more effective on this property, obtaining an average breaking force of 461,89N and 457,5N respectively. In contrast, Toxal 17N is the least effective stabilizer with an average breaking strength of 372,7N.

Regarding stretching, it can be concluded that the use of the Toxesperse Roll stabilizer improves this property, although it is not the most effective, as in tensile strength.

In short, it can be concluded that Toxesperse Roll may be an alternative to using Ruco-Flow AIL since at 60 minutes of bleaching this stabilizer is most effective in decreasing the decomposition rate of hydrogen peroxide. On the other hand, Toxesperse Roll provides greater hydrophilicity to cotton during the bleaching process. In relation to the degree of white it also provides a value similar to that evidenced by Ruco-Flow AIL. Regarding mechanical properties, although Ruco-Flow AIL has higher weft breaking forces, the stabilizer gives cotton a resistance acceptable after bleaching.

Índice

Índice de figuras	x
Índice de tabelas	xi
Índice de equações.....	xii
Lista de Abreviaturas e siglas	xiii
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento do problema	1
1.2 Justificação do trabalho	1
1.3 Objetivos	2
1.4 Metodologias.....	2
1.4.1 Definição dos objetivos	3
1.4.2 Pesquisa bibliográfica	3
1.4.3 Desenvolvimento experimental	3
1.4.4 Conclusões finais e proposta de trabalhos futuros	3
1.5 Estrutura da dissertação.....	4
2 Enquadramento Teórico	5
2.1 Fibra Têxtil	5
2.1.1 Fibras celulósicas	5
2.2 Fibra de algodão	5
2.2.1 Estrutura da fibra de algodão	7
2.2.2 Propriedades físicas e químicas	8
2.2.3 Aplicações	9
2.2.4 Tecido de algodão felpudo	10
2.3 Tratamento Prévio	11
2.3.1 Branqueamento.....	12
2.3.1.1 Agentes Branqueadores	13

2.3.1.2	Estabilizadores.....	17
2.3.1.3	Condições de branqueamento.....	20
2.3.1.4	Aplicações dos estabilizadores	20
3	Desenvolvimento experimental	26
3.1	Materiais.....	27
3.2	Químicos.....	27
3.3	Equipamentos Utilizados	28
3.4	Métodos experimentais.....	29
3.4.1	Caracterização básica	29
3.4.1.1	Debuxo	29
3.4.1.2	Massa por unidade de comprimento e de superfície	30
3.4.1.3	Número de fios ou malhas por unidade de comprimento	30
3.4.1.4	Massa linear de um fio retirado de um tecido	31
3.4.1.5	Determinação da espessura de têxteis e produtos têxteis.....	32
3.4.2	Branqueamento com peróxido de hidrogénio.....	32
3.4.3	Determinação do H ₂ O ₂ através da titulação com permanganato de potássio	33
3.4.4	Avaliação do grau de branco	33
3.4.5	Avaliação da resistência à tração.....	34
3.4.6	Avaliação do ângulo de contacto	35
4	Análise e discussão de resultados	37
4.1	Caracterização básica	37
4.2	Branqueamento com peróxido de hidrogénio	39
4.3	Estudo da ação dos estabilizadores na decomposição do peróxido de hidrogénio no processo de branqueamento do algodão	40
4.3.1	Avaliação do grau de branco	43
4.3.2	Avaliação da resistência à tração.....	47

4.3.3	Avaliação do ângulo de contacto	60
5	Conclusões finais e perspectivas futuras	65
	Bibliografia	67
	Anexos:	70

Índice de figuras

Figura 1: Formação da celulose	5
Figura 2: Estrutura morfológica da fibra de algodão.....	7
Figura 3: Secção transversal (a) e secção longitudinal (b) da fibra de algodão.....	8
Figura 4: Estrutura da celulose	9
Figura 5: Tecido turco.....	10
Figura 6: Composição de NaOCl em função do pH.....	14
Figura 7: Composição de NaClO ₂ em função do pH.....	15
Figura 8: Mecanismo da reação do ião perhidroxilo com a celulose	17
Figura 9: Representação de agentes sequestrantes orgânicos do tipo hidroxicarboxilatos	18
Figura 10: Representação de agentes sequestrantes orgânicos do tipo aminocarboxilatos.....	18
Figura 11: Representação de agentes sequestrantes orgânicos do tipo organofosfonatos	19
Figura 12: Representação de debuxo	29
Figura 13: Dispositivo de corte.....	30
Figura 14: Aparelho usado no ensaio da determinação da massa linear de um fio retirado de um tecido, Crimptester	31
Figura 15: Aparelho usado na medição da espessura do tecido.....	32
Figura 16: Máquina utilizada no branqueamento Ahiba spectrum – Datacolor	33

Índice de tabelas

Tabela 1: Composição das fibras de algodão.....	6
Tabela 2: Propriedades físicas da fibra de algodão	9
Tabela 3: Características dos estabilizadores utilizados durante os ensaios.....	28
Tabela 4: Caracterização básica do tecido de algodão	39
Tabela 5: Percentagens volúmicas de peróxido de hidrogénio residuais nos banhos de branqueamento do algodão	41
Tabela 6: Grau de branco das amostras original e tratadas com os diferentes estabilizadores ao fim de 60 minutos	44
Tabela 7: Resistência à tração (N) das amostras original e tratadas no sentido da teia	47
Tabela 8: Alongamento (%) das amostras original e tratadas no sentido da teia.....	50
Tabela 9: Resistência à tração (N) das amostras original e tratadas no sentido da trama	53
Tabela 10: Alongamento (%) das amostras original e tratadas no sentido da trama	56
Tabela 11: Ângulo de contacto.....	61

Índice de equações

Equação 1: Reação da água com cloro gasoso.....	13
Equação 2: Reação da água com hipoclorito de sódio	13
Equação 3: Reação da água com organo cloraminas.....	13
Equação 4: Reação do clorito de sódio com água.....	14
Equação 5: Decomposição do clorito de sódio.....	14
Equação 6: Reação do clorito de sódio com o cloro gasoso	15
Equação 7: Ativação do agente branqueador com agentes alcalinos	16
Equação 8: Ativação do agente branqueador na presença de metais	16
Equação 9: Equação para a massa por unidade de superfície	30

Lista de Abreviaturas e siglas

EDTA – Ácido etilenodiamino tetra-acético

TAED – Tetracetiletlenodiamina

TH - Tetraacetilidrazina

PAG – Glicose pentaacetilada

TBBC – N-[4-(trietilamonometil)benzoil]butirolactama

CO – algodão

1. Introdução

1.1 Enquadramento do problema

Este projeto foi proposto na empresa *Riler Indústria Têxtil, S.A.* localizada em Infias, concelho de Vizela. *A Riler Indústria Têxtil, S.A.*, nasceu em 1974 como uma empresa do sector têxtil mais especificamente na área da estamparia. Na década de 80 iniciou um processo de aquisição de máquinas de tinturaria para felpos e colchas. Ao longo dessas quatro décadas especializou-se na realização de processos químicos tais como, a descolagem, branqueação, tingimento, ramulagem e a laminagem. *A Riler Indústria Têxtil, S.A.*, presta serviços de estamparia com o mínimo impacto ambiental possível.

1.2 Justificação do trabalho

Atualmente a indústria têxtil tem procurado melhorar alguns processos que consomem muita energia ou outros recursos naturais. Após contacto com a empresa *Riler Indústria Têxtil, S.A.* foi sugerido melhorar o processo de branqueamento, testando novos produtos, nomeadamente novos estabilizadores.

O objetivo desta otimização deveu-se ao facto de que na empresa *Riler Indústria Têxtil, S.A.* a fibra de algodão ser dos substratos fibrosos que mais sofrem este tipo de tratamento. Acresce ainda o facto, de o branqueamento desta fibra provocar um grande desgaste na maquinaria e no substrato têxtil.

1.3 Objetivos

O objetivo principal desta dissertação foi comparar a eficácia de diferentes estabilizadores no branqueamento com peróxido de hidrogénio em felpos de algodão. A um nível mais específico, a presente dissertação tem como objetivos:

- Avaliar a influência dos diferentes estabilizadores através da medição do grau de branco, hidrofiliidade e as alterações das propriedades mecânicas.
- Estudar as diferentes reações químicas que ocorrem durante o processo de branqueamento.
- Determinar a velocidade da decomposição do peróxido de hidrogénio ao longo do branqueamento.
- Determinar as diferentes concentrações do peróxido de hidrogénio e dos diferentes estabilizadores utilizados ao longo do processo.
- Identificar qual o melhor estabilizador para as condições exigidas pela empresa.
- Identificar qual o estabilizador que permita uma melhor catálise para a neutralização.

Através da realização destes objetivos pretende-se que no final do projeto o processo de branqueamento seja mais económico, ecológico e eficaz.

1.4 Metodologias

A metodologia de investigação utilizada na elaboração da dissertação, que irá ser desenvolvida na Universidade do Minho em parceria com a empresa *Riler Indústria Têxtil, S.A.*, irá ter por base a metodologia quantitativa num plano de investigação-ação. O plano de investigação-ação é um processo em que a investigação inclui ação, utilizando um processo cíclico que altera entre ação e reflexão crítica.

1.4.1 Definição dos objetivos

Neste trabalho, foram inicialmente definidos os objetivos a alcançar na realização do projeto, de modo a focalizar a investigação nos assuntos mais relevantes para o desenvolvimento do mesmo.

1.4.2 Pesquisa bibliográfica

Na segunda fase do trabalho foi realizado um levantamento bibliográfico relacionado com o tema a tratar, utilizando como suporte artigos científicos e livros especializados. Foram ainda abordados alguns conceitos teóricos, nomeadamente sobre a fibra a usar neste trabalho e sobre o tratamento a estudar.

1.4.3 Desenvolvimento experimental

Tendo em conta a pesquisa bibliográfica efetuada na fase anterior, passou-se ao desenvolvimento experimental, planificando os testes laboratoriais que possam levar à obtenção das conclusões mais relevantes e adequadas ao estudo em questão, tendo em conta o material têxtil e o tratamento aplicado.

Foram realizados vários testes laboratoriais nomeadamente o grau de branco, a determinação da concentração de peróxido de hidrogénio residual através da titulação, propriedades mecânicas do material e a determinação do ângulo de contacto.

1.4.4 Conclusões finais e proposta de trabalhos futuros

Na quinta e última etapa são apresentadas as conclusões mais importantes relativamente a todo o trabalho realizado, nomeadamente o estabilizador que se revela mais eficaz no processo de branqueamento e as respetivas condições. Nesta fase foram ainda realizadas algumas críticas e propostas de estudos futuros.

1.5 Estrutura da dissertação

A dissertação foi organizada em seis etapas, sendo a primeira etapa apresentada no capítulo 1, onde são definidos os objetivos do projeto, assim como as metodologias a utilizar. Neste capítulo foi também apresentado o planeamento das fases necessárias para a realização deste trabalho.

No capítulo 2, denominado “Enquadramento Teórico”, foi realizada uma análise de conteúdo de informações bibliográficas relacionadas com o tema a tratar, bem como foram abordados alguns conceitos teóricos.

No capítulo 3, encontram-se descritos todos os procedimentos laboratoriais com o objetivo de responder aos problemas apresentados. Este trabalho experimental foi realizado na empresa *Ri/er Indústria Têxtil, S.A.* e na Universidade do Minho.

No capítulo 4, foram apresentados os resultados obtidos e a análise dos mesmos e a sua discussão.

No capítulo 5 foram apresentadas as conclusões relativamente a todo o trabalho realizado, bem como algumas críticas e perspetivas futuras.

2 Enquadramento Teórico

2.1 Fibra Têxtil

O termo “fibra” é considerado um elemento anatómico que possui uma forma alongada e fina que entra na composição de tecidos. A fibra para ser considerada têxtil deve ter um determinado comprimento, coesão e força para ser transformada em fio e posteriormente dar origem a tecidos. As fibras têxteis devem ainda apresentar outras características importantes tais como a flexibilidade, elasticidade, espessura, porosidade, brilho e durabilidade (Wakelyn, et al., 2007).

2.1.1 Fibras celulósicas

A celulose representada pela fórmula química $C_6H_{10}O_5$ é um polissacarídeo, constituído por unidades de glicose unidas por ligações $\beta_{1\rightarrow4}$ glicosídicas (Junior, 2008). Os monómeros estão ligados entre si devido à eliminação de uma molécula de água entre os grupos -OH ligados ao carbono 1 de uma molécula de glicose ao átomo de carbono 4 de outra molécula (Figura 1).

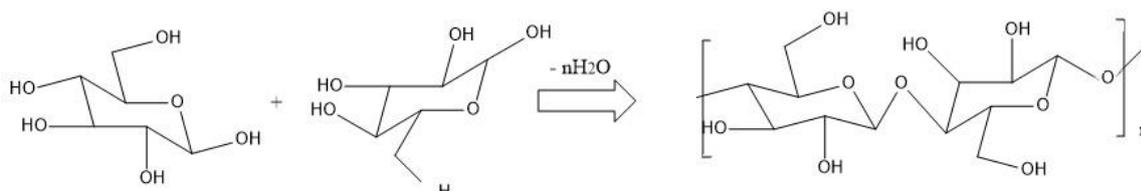


Figura 1: Formação da celulose

2.2 Fibra de algodão

O algodão é a fibra natural mais popular do mundo, que provém da planta de género *Gossypium*. A fibra de algodão cru é constituída por 95% de celulose e 5% de impurezas, cujo objetivo do tratamento prévio é eliminar as matérias não fibrosas, de modo a que o teor de celulose se aproxime dos 100% (Tabela 1). As impurezas são maioritariamente substâncias solúveis em

água, gorduras, ceras, pigmentos corantes (responsável pela coloração amarelada do algodão cru) e restos de cascas que se encontram na cutícula. As substâncias solúveis em água são facilmente removidas numa simples lavagem, enquanto as gorduras e as ceras são eliminadas através da fervura alcalina e os pigmentos corantes e os restos de cascas são eliminados pelo branqueamento (Wakelyn, et al., 2007).

Tabela 1: Composição das fibras de algodão

Constituintes	Composição (%)
Celulose	95,0
Proteína	1,3
Pectinas	0,9
Sais minerais	1,2
Ceras	0,6
Açúcares	0,3
Ácidos orgânicos	0,8
Pigmentos	Vestígios
Outros	1,4

2.2.1 Estrutura da fibra de algodão

A fibra de algodão apresenta-se sobre a forma de um tubo longo, irregular, torcido e achatado. A estrutura da fibra é dividida em quatro camadas, a cutícula, a parede primária, a parede secundária e o lúmen (Figura 2).

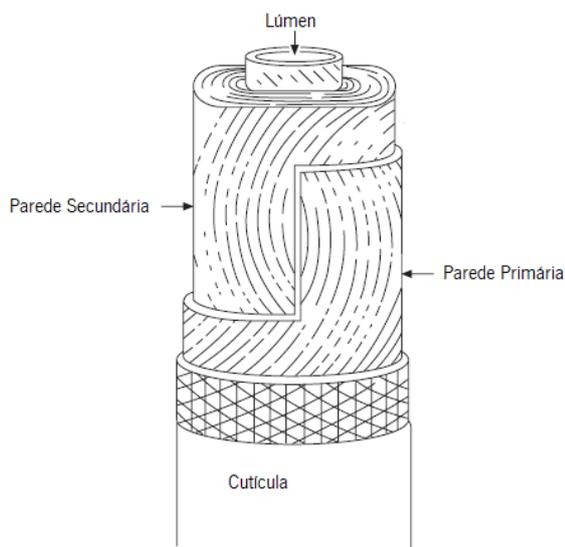


Figura 2: Estrutura morfológica da fibra de algodão

A cutícula é a camada mais externa funcionando como uma barreira protetora antibacteriana e hidrofóbica, possuindo assim ceras e gorduras. A parede primária determina o comprimento da fibra e as fibrilas apresentam todas a mesma orientação. A parede secundária representa 90% do peso da fibra e as fibrilas que a constituem possuem uma orientação helicoidal, ou seja, orientações diferentes. O lúmen é a camada mais interna da fibra e desempenha um papel muito importante, pois no seu interior contém material protoplasmático proveniente da sua formação, vem como ceras e pectina.

A estrutura do algodão pode ainda ser avaliada conforme a secção longitudinal e transversal. No corte da secção transversal a fibra de algodão apresenta forma de feijão (Figura 3a). O algodão é característico por apresentar convoluções que são visíveis na secção longitudinal (Figura 3b) (Mather & Wardman, 2015).

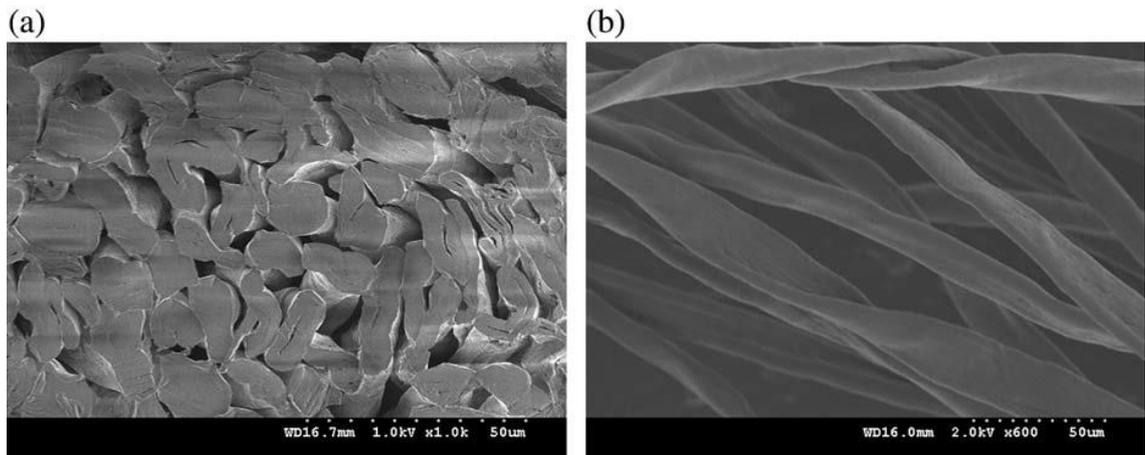


Figura 3: Secção transversal (a) e secção longitudinal (b) da fibra de algodão.

2.2.2 Propriedades físicas e químicas

As fibras de algodão estão sujeitas ao ataque de vários agentes químicos nomeadamente a ácidos e bases. A resistência das fibras aos ataques por diferentes agentes químicos, pode afetar as propriedades do algodão, por muito pequenos que sejam os danos. Os ácidos são muito destrutivos para a celulose, pois atacam as ligações glicosídicas dividindo as suas longas cadeias poliméricas. Ao contrário dos ácidos as bases não provocam estragos no algodão visto que é muito estável na sua presença.

A ação do calor afeta a resistência à tração das fibras de algodão. A uma temperatura até 150°C as fibras não são afetadas, mas acima dos 150°C o algodão já sofre degradação. A ação do calor acima dos 150°C, a humidade e o oxigénio presente na atmosfera provocam degradação na fibra, reduzindo a resistência da mesma. A fibra de algodão perde completamente resistência a temperaturas iguais ou superiores a 200°C (Mather & Wardman, 2015).

O elevado número de grupos hidroxilo presentes na estrutura de celulose (Figura 4) mostra uma grande disponibilidade para ligações nomeadamente pontes de hidrogénio, justificando assim a hidrofiliabilidade da fibra de algodão.

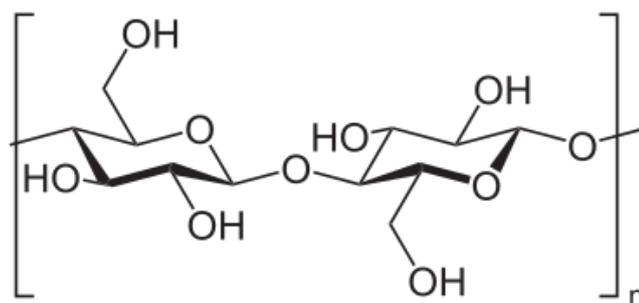


Figura 4: Estrutura da celulose

As forças de ligação entre as moléculas determinam as propriedades físicas da fibra, sendo muito importantes para qualificar a fibra. As principais características físicas do algodão são o comprimento e o diâmetro da fibra, a tenacidade a seco e a molhado, alongamento, a massa volúmica e a recuperação de humidade (Tabela 2). O comprimento da fibra é uma das características mais avaliadas, pois a qualidade é melhor quanto mais longa for a fibra (Morton & Hearle, 2008).

Tabela 2: Propriedades físicas da fibra de algodão

Características	Valores
Comprimento (mm)	12-60
Diâmetro (µm)	12,22
Tenacidade a seco (g/den)	2,1-6,3
Tenacidade a molhado (g/den)	2,5-7,6
Alongamento (%)	3,10
Massa volúmica (g/cm ³)	1,50
Recuperação de humidade a 21°C (%)	65

2.2.3 Aplicações

A fibra de algodão apresenta inúmeras e variadas aplicações, devido às suas características, permitindo elaborar tecidos dos mais variados tipos e para diferentes usos. Na empresa *Riler Indústria Têxtil, S.A.* os tecidos tratados mais comuns são produtos têxtil-lar, tais como atoalhados, colchas e turcos (felpos) (Figura 5).



Figura 5: Tecido turco

2.2.4 Tecido de algodão felpudo

Os artigos de felpo são tecidos versáteis e companheiros no dia-a-dia de modo a facilitar a rotina diária e promover o bem-estar. O felpo é útil para uma infinidade de atividades nomeadamente nas tarefas domésticas, no desporto e no lazer. As suas características permitem secar, aquecer e aconchegar, aumentando o conforto diário. Este tipo de artigo é geralmente usado para toalhas, roupões de banho, toalhas de praia, panos de cozinha e para roupa desportiva, devido às suas propriedades. As exigências para este tipo de artigo passam pela:

- Máxima hidrofiliidade;
- Alta capacidade de absorção de água;
- Secagem rápida;
- Volume;
- Higiene e frescura;
- Longevidade.

O felpo geralmente é fabricado com algodão, mas também pode ser fabricado com mistura de outras fibras, nomeadamente poliéster e elastano. A principal diferença deste artigo têxtil de algodão para os outros com a mesma composição, deve-se ao facto de estes tecidos compostos apresentarem na sua superfície pêlos salientes, conhecidos por felpas ou argolas em um ou em ambos os lados. As toalhas são tecidas em teares que têm dois fios de teia, a teia de cima é designada de teia de felpo, visto que é a que forma as argolas e a teia de baixo é designada de

teia de base. As argolas são formadas quando intencionalmente um fio da teia é deixado solto para que quando puxado pela trama forma dois laços em ambos os lados.

As características deste tecido devem-se à existência das felpas/argolas, conduzindo a inúmeras vantagens, como já referidas anteriormente nas exigências. O facto de o tecido ter felpas em ambos os lados, torna o tecido mais volumoso, logo mais macio proporcionando um enorme conforto. A teia de felpo funciona como uma esponja conduzindo a uma alta capacidade de absorção de água e uma elevada hidrofiliade. O tecido apresenta elevada resistência à lavagem e a secagem proporcionando uma maior durabilidade do artigo, bem como uma maior frescura e higiene.

2.3 Tratamento Prévio

O tratamento prévio é a chave para obter produtos têxteis com qualidade, pois é preciso remover as impurezas das fibras para melhorar a sua aparência. Os tratamentos realizados permitem obter melhores resultados nos processos posteriores tais como o tingimento, a estamparia e os acabamentos. Além de garantir uma limpeza das impurezas adequada a cada tipo de fibra, os tratamentos prévios garantem ao mesmo tempo que as fibras já limpas não se deterioram.

O substrato têxtil quando chega ao pré-tratamento pode apresentar-se sob a forma de rama, fio, tecido ou malha, em cru contendo diversas impurezas. As impurezas que mais apresentam são ceras, corantes naturais, gorduras, pectinas, sais minerais, lubrificantes, encolantes e restos de cascas, sementes e folhas. Os lubrificantes e os encolantes são dois exemplos de impurezas artificiais que são aplicadas durante os processos têxteis, já os corantes, as cascas e as sementes são designados de impurezas naturais.

O tratamento prévio do algodão apresenta um conjunto de cinco operações preliminares: a gasagem, a desencolagem, a fervura alcalina, a mercerização e o branqueamento. A gasagem queima as fibrilas presentes, de forma a uniformizar a superfície. As pequenas fibras caso não sejam corretamente eliminadas, no tingimento dá a sensação de uma cor mais clara pois parece que absorvem menos corante. A desencolagem elimina os agentes encolantes, sendo o encolante mais comum o amido. O encolante é aplicado na fiação para que o fio não quebre durante a

tecelagem. A mercerização não é um processo de limpeza, nesta etapa existe uma modificação morfológica das fibras. Com este tratamento o substrato têxtil ganha resistência, brilho e a capacidade de absorver corantes. A fervura alcalina elimina as restantes impurezas, tais como as cascas, sementes e os sais minerais, tornando o substrato mais hidrofílico. O sucesso nesta etapa apresenta uma boa base para a etapa seguinte, o branqueamento. Nesta dissertação apenas será abordado o branqueamento.

2.3.1 Branqueamento

O branqueamento é uma das operações realizadas no tratamento prévio dos artigos têxteis para que estes estejam bem preparados para os processos que serão submetidos posteriormente, tais como o tingimento, a estamparia e os acabamentos. Este processo tem como objetivo destruir a cor natural das fibras celulósicas e proteicas (Karmakar, 1999), bem como remover as cascas, que já foram destruídas no tratamento alcalino. A cor natural das fibras pode ser devido aos pigmentos presentes na própria fibra, mas também de motivos exteriores tais como o clima, o solo, a seca, o pó e os insetos.

Até ao século XVIII o branqueamento era efetuado pela luz solar e apenas no final do mesmo século começou a introduzir-se soluções de cloro em água. Em 1866 é sugerido o uso de peróxido de hidrogénio para o branqueamento, no entanto o uso de soluções à base de cloro predominaram até 1920. O peróxido de hidrogénio só começou a ser usado em 1935, mas a sua utilização cresceu consideravelmente que em apenas 5 anos o seu uso chegou aos 65% (Karmakar, 1999). Atualmente 90% das empresas que realizam este tratamento utilizam peróxido de hidrogénio.

O branqueamento pode ser mais ou menos intenso conforme o grau de branco que se pretende obter, se pretender tingir o material têxtil poderá ser realizado um branqueamento menos intenso a nível químico. Caso seja pretendido um grau de branco superior, o branqueamento pode ser realizado com produtos químicos com efeito mais severo, podendo mesmo ser necessário um branqueamento ótico. O branqueamento ótico proporciona um efeito adicional ao pré-tratamento do material têxtil. Este efeito neutraliza o tom amarelado do material e aumenta a reflexão de raios azuis (Tiki, et al., 2010). Os branqueadores óticos são corantes (brancos) fluorescentes que

absorvem na região ultravioleta (entre 340 e 370 nm) que permite converter os raios ultravioletas da luz solar numa luz azul que proporciona um branco mais intenso (Olson, 1983).

A coloração pode ser eliminada por oxidação ou por redução, que vão diferir nos agentes branqueadores utilizados. Um branqueamento por oxidação geralmente usa agentes branqueadores com peróxido ou cloro. O peróxido de hidrogénio é o agente branqueador mais usado pela oxidação, mas podem também ser usado peróxido de sódio, perborato de sódio, permanganato de potássio e ácido peracético (Carr, 1995). No processo oxidativo podem ainda ser usados agentes à base de cloro nomeadamente, o hipoclorito de sódio, hipoclorito de lítio, cloreto de sódio entre outros (Karmakar, 1999). No processo redutivo do branqueamento os branqueadores mais utilizados são o dióxido de enxofre, o hidrossulfito de sódio, sulfoxilatos e vários compostos com base de sulfitos (Carr, 1995).

2.3.1.1 Agentes Branqueadores

Os principais produtos branqueadores são o hipoclorito de sódio, o clorito de sódio e o peróxido de hidrogénio.

O ião hipoclorito (OCl⁻) pode ser gerado por reação da água com cloro gasoso (Equação 1), com hipoclorito de sódio (Equação 2) ou com organo cloraminas (Equação 3).

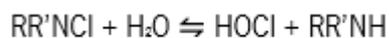
Equação 1: Reação da água com cloro gasoso



Equação 2: Reação da água com hipoclorito de sódio



Equação 3: Reação da água com organo cloraminas



O ião cloreto encontra-se no estado de oxidação +1, podendo assim reagir no sentido inverso com o hipoclorito. Para garantir que a reação se desloque para o lado direito é necessário tratar os têxteis com produtos anticloro. O branqueamento com hipoclorito é realizado em condições muito específicas, como se pode observar na Figura 6, pois a temperatura e

concentrações elevadas, bem como a pH baixo as fibras oxidam. O ideal é realizar o tratamento a um pH elevado (9,0-11,0) para não provocar danos na fibra como se pode visualizar na Figura 6.

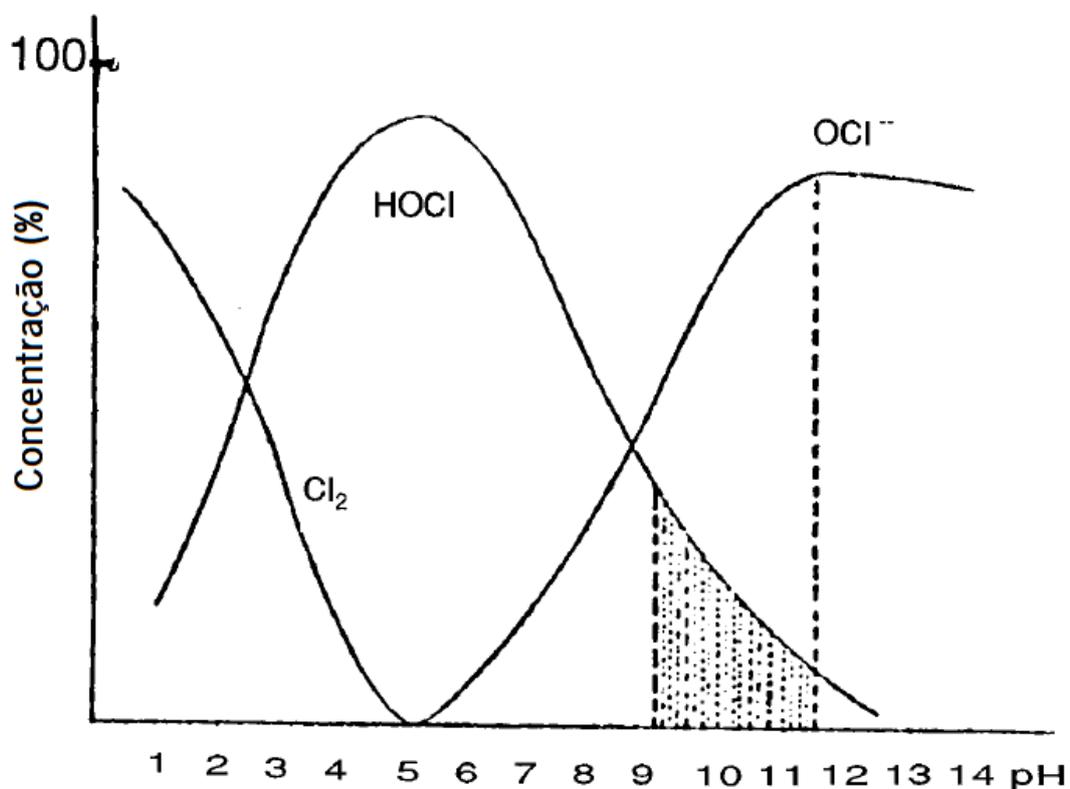


Figura 6: Composição de NaOCl em função do pH

Sendo assim, o hipoclorito de sódio necessita de menos energia, fornece uma boa eliminação das cascas e é menos sensível à catálise que o peróxido de hidrogénio, no entanto obtém-se um grau de branco inferior e necessita de tratamento anti-cloro (Karmakar, 1999).

O dióxido de cloro (ClO_2) pode ser obtido por duas formas, onde o clorito de sódio se dissolve em água formando ácido cloroso que posteriormente decompõe-se em ClO_2 (Equações 4 e 5). O clorito de sódio pode ainda reagir com o gás cloro, obtendo o dióxido de cloro (Equação 6).

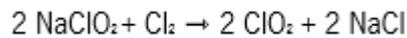
Equação 4: Reação do clorito de sódio com água



Equação 5: Decomposição do clorito de sódio



Equação 6: Reação do clorito de sódio com o cloro gasoso



Tal como no hipoclorito de sódio, as concentrações de clorito de sódio também dependem do pH (Figura 7). O branqueamento com clorito de sódio deve ser realizado a pH 3,5 – 4,5, pois quando o pH >5 a concentração de ClO_2 é baixa, sendo necessário prolongar o tratamento mais tempo tornando assim um processo pouco económico. Num intervalo de pH <3 existe um excesso de produção de ClO_2 , sendo esta uma substância tóxica e corrosiva pode provocar danos na fibra e na máquina. O excesso pode ser controlado através da adição de nitrato de sódio ou formaldeído.

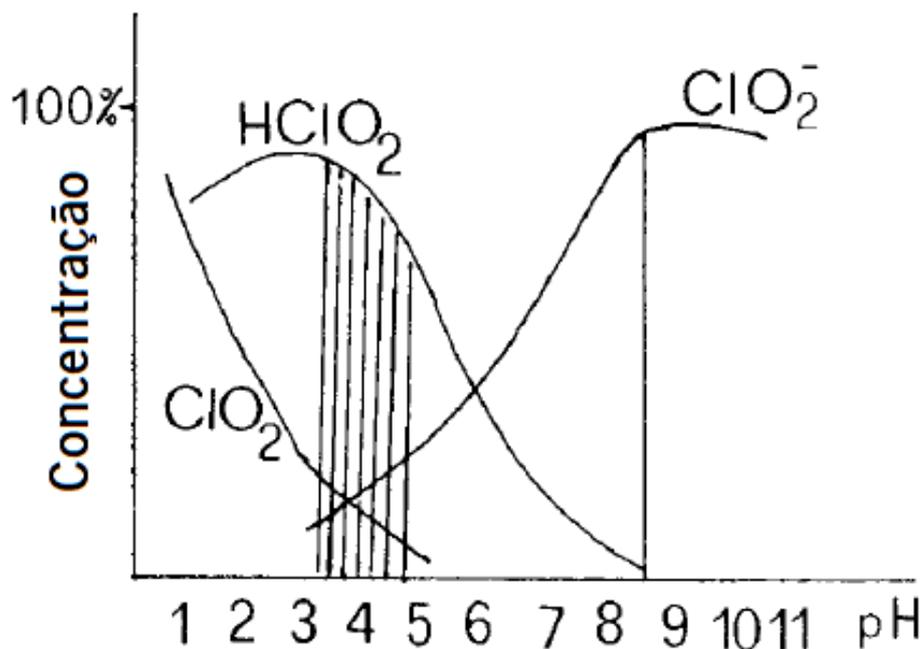


Figura 7: Composição de NaClO_2 em função do pH

Com o clorito de sódio obtém-se um ótimo grau de branco, sendo um processo seguro e insensível a catálises. Em contrapartida é incompatível com branqueadores óticos, as cascas nem sempre são eliminadas, provoca corrosão nas peças metálicas, apresenta um odor desagradável e tóxico e ainda necessita de tratamento anti-cloro (Karmakar, 1999).

O peróxido de hidrogénio, também designado por água oxigenada é o agente branqueador mais utilizado atualmente porque é amigo do ambiente e além disso tem inúmeras vantagens.

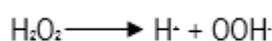
A água oxigenada é um agente branqueador universal, pois pode branquear a maioria das fibras têxteis, além disso permite um grau de branco permanente. Os processos de branqueamento com este agente são versáteis, pois podem ser realizados em várias condições

nomeadamente em processos contínuos e semi-contínuos e a quente ou frio. Como o branqueamento com peróxido é realizado após a fervura alcalina, as sementes quebradas são facilmente removidas durante o tratamento e conseqüentemente a aparência do tecido após o tratamento é muito melhor do que o material quando branqueado com hipoclorito. No pós-tratamento não é necessário qualquer outro tratamento. O peróxido de hidrogénio é compatível com a maioria dos corantes.

Apesar das vantagens enumeradas no branqueamento com peróxido de hidrogénio, este processo possui várias desvantagens. Este processo é mais caro do que com outros agentes. A solução de peróxido de hidrogénio é instável em meio alcalino e na presença de impurezas metálicas. Devido à sua instabilidade é necessário usar um agente estabilizador. O uso de vários produtos químicos necessita de um controlo mais cuidadoso e por isso representa também uma desvantagem no uso do peróxido de hidrogénio.

O peróxido de hidrogénio (H_2O_2) necessita de ser ativado para poder ser branqueador. A ativação do H_2O_2 proporciona duas equações químicas muito importantes no processo de branqueamento (Karmakar, 1999).

Equação 7: Ativação do agente branqueador com agentes alcalinos



Equação 8: Ativação do agente branqueador na presença de metais



A primeira reação (Equação 4) mostra a dissociação do peróxido de hidrogénio com a ajuda de agentes alcalinos, que permite a libertação do ião perhidroxilo ($OOH\cdot$). Este ião é o que permite branquear a fibra têxtil (Figura 8) (Vigo, 1994).

A segunda reação (Equação 5) mostra a influência da presença de metais de transição que decompõem o peróxido de hidrogénio em água e oxigénio, libertando energia. O oxigénio obtido nesta reação facilmente forma radicais que podem degradar a fibra em vez de branquear, visto que o oxigénio radicalar não possui qualquer poder branqueador (Vigo, 1994).

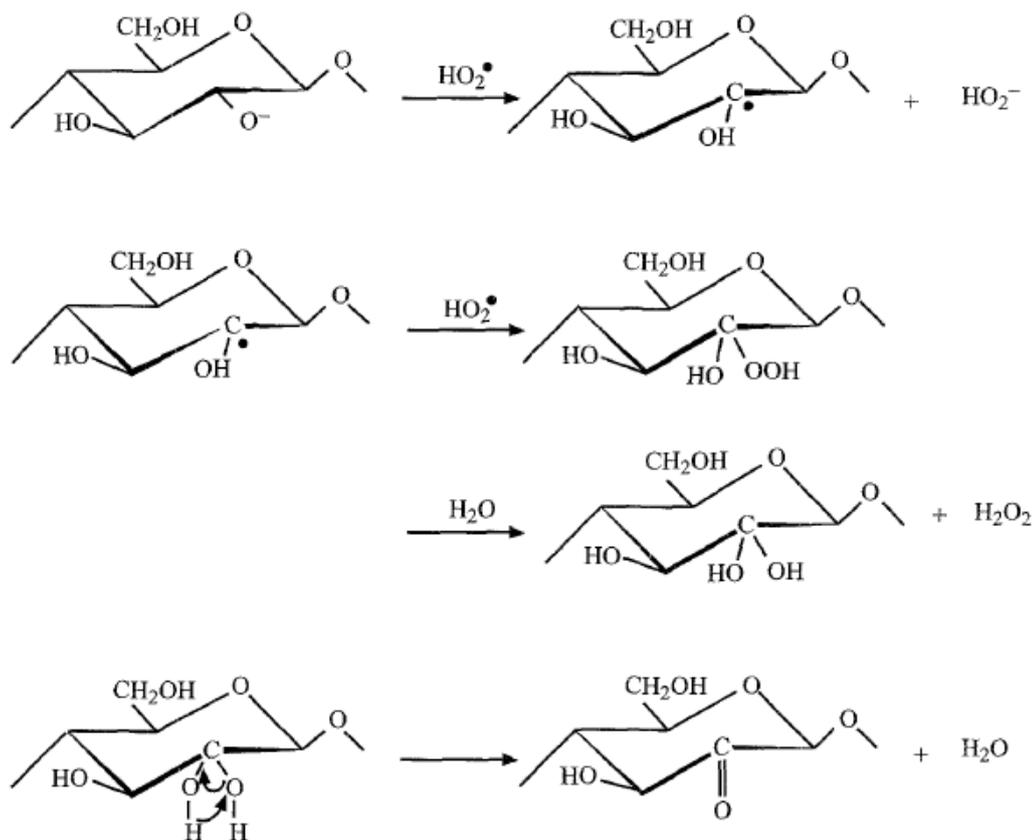


Figura 8: Mecanismo da reação do ião perhidroxilo com a celulose

O peróxido de hidrogénio é estável em meio ácido, mas o branqueamento ocorre em meio alcalino ou com temperatura elevada provocando instabilidades. Devido a essa instabilidade é adicionado hidróxido de sódio que ativa o peróxido de hidrogénio pois o ião H^+ é neutralizado pelas condições alcalinas do meio. Em contrapartida o pH acima de 11 leva à formação de oxigénio no estado gasoso, não branqueando a fibra. A estabilidade do peróxido de hidrogénio nestas condições apenas é conseguida com o uso de estabilizadores.

2.3.1.2 Estabilizadores

Os estabilizadores possuem duas funções importantes no branqueamento, visto que permitem complexar os resíduos metálicos, evitando assim a formação de radicais e ajudam a controlar a decomposição do peróxido de hidrogénio quando presente em condições alcalinas. No entanto o uso de estabilizadores permitem também tamponar as soluções, atuar como dispersante e potenciar a ação dos surfactantes (Vigo, 1994) (Karmakar, 1999). Alguns estabilizadores estão ainda combinados com detergentes e amaciadores (Shore, 1995). Os estabilizadores estão

divididos em duas categorias, os orgânicos e os inorgânicos. Os estabilizadores orgânicos podem ser agentes sequestrantes, materiais poliméricos e determinados tipos de surfactantes (Vigo, 1994). Os agentes sequestrantes podem ainda ser subdivididos em hidroxicarboxilatos (Figura 9), em aminocarboxilatos (Figura 10) e em organofosfonatos (Figura 11). Os estabilizadores inorgânicos são basicamente sais de magnésio (Karmakar, 1999).

Hidroxicarboxilatos

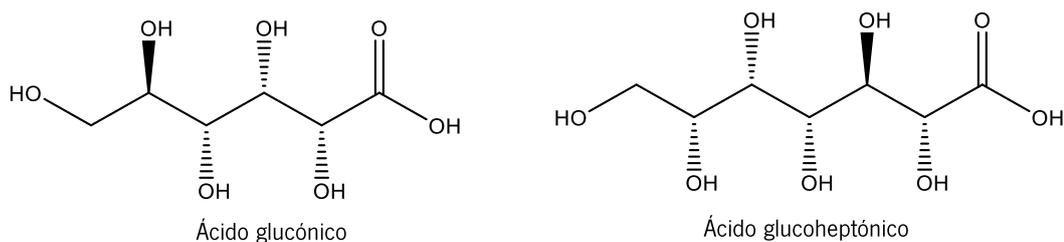


Figura 9: Representação de agentes sequestrantes orgânicos do tipo hidroxicarboxilatos

Aminocarboxilatos

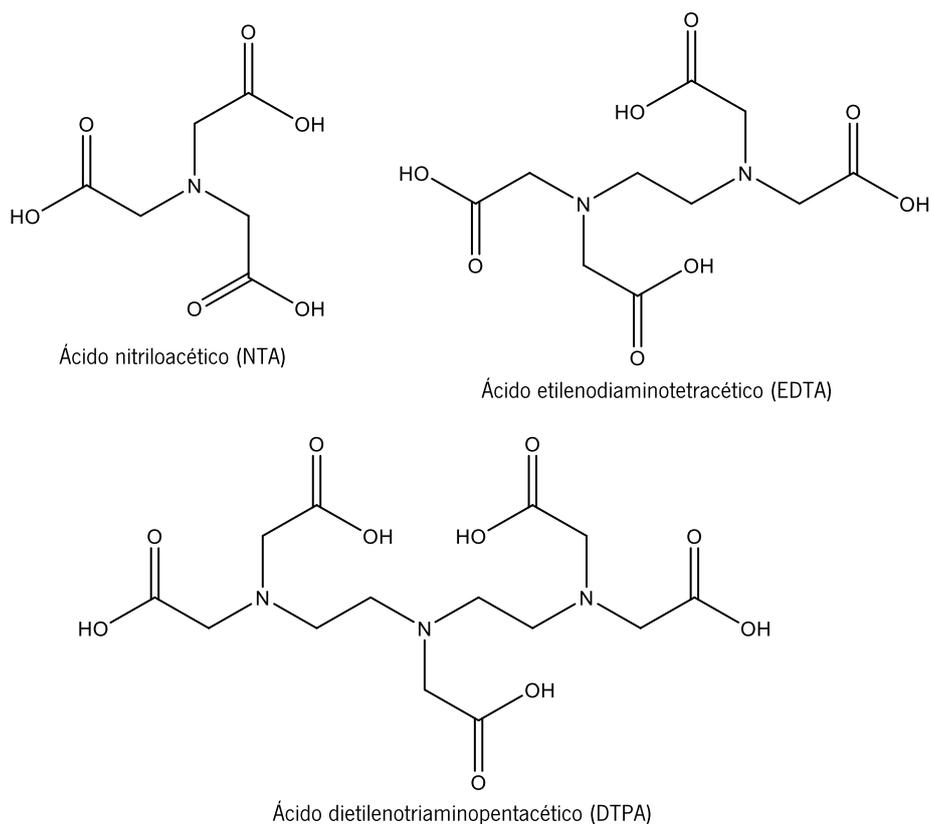


Figura 10: Representação de agentes sequestrantes orgânicos do tipo aminocarboxilatos

Organofosfonatos

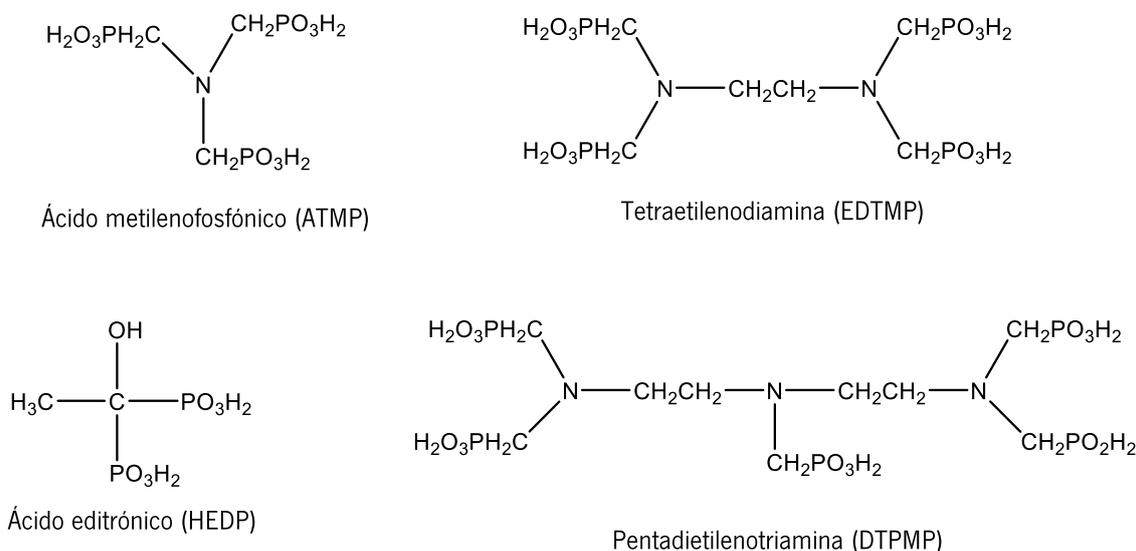


Figura 11: Representação de agentes sequestrantes orgânicos do tipo organofosfonatos

O estabilizador mais usado é o silicato de sódio que possui uma maior ação estabilizadora em relação aos outros estabilizadores presentes no mercado (Vigo, 1994). O silicato de sódio (Na_2SiO_3) é levemente alcalino, sendo assim ideal para água com um grau de dureza entre 2 e 5 (Karmakar, 1999). Os substratos branqueados com um estabilizador de silicato devem ser lavados em água a ferver com pH neutro, para evitar problemas causados pelos silicatos insolúveis. O branqueamento com silicato de sódio permite obter um bom grau de branco. Este estabilizador remove eficazmente as impurezas presentes no substrato têxtil e complexa iões metálicos pesados. Embora o silicato de sódio seja eficaz e econômico, os problemas associados aos depósitos de silicato na maquinaria leva a um bloqueamento dos tubos, bem como à redução de absorção do banho por parte dos substratos. O silicato de sódio é um estabilizador sensível à dureza da água, por isso tornaram-se alternativos aos estabilizadores orgânicos.

Nas fibras proteicas os estabilizadores mais utilizados são o amónio e alguns fosfatos (Karmakar, 1999).

2.3.1.3 Condições de branqueamento

As condições ideais para um branqueamento é difícil de definir, pois depende da qualidade dos materiais têxteis a serem branqueados, no entanto existem quatro variáveis que devem ser consideradas, o tempo, a temperatura, o pH e composição química do estabilizador. Um pH inferior a 10 reduz a eficácia do branqueador, pois a principal espécie presente é o H_2O_2 . Um pH superior a 11 conduz a um branqueamento descontrolado, porque todo o peróxido de hidrogénio é transformado em iões perhidroxilo.

A temperatura deve ser um parâmetro a controlar, visto que o aumento da temperatura leva ao aumento da velocidade do branqueamento, podendo causar danos nas fibras (Karmakar, 1999). A composição química do estabilizador será a variável a estudar nesta dissertação.

2.3.1.4 Aplicações dos estabilizadores

Ao longo dos tempos a indústria têxtil tem-se tornado competitiva, mas também mais ecológica, levando as empresas a otimizarem processos, de modo a diminuir o tempo de produção, a quantidade de produtos utilizados, o uso de produtos para tornar os processos mais verdes, isto sem afetar a qualidade dos produtos. Os estudos que se tem vindo a realizar focam-se em tornar o processo de branqueamento mais simples, económico e verde, através do uso de produtos químicos diferentes, com diferentes condições de pH, temperatura, concentrações entre outras.

Segundo Abdel-Halim, consegue-se obter um processo de branqueamento simples e económico utilizando clorito de sódio e hexametenotetramina (Abdel-Halim, 2012). Este estudo consistiu em fixar a concentração de clorito de sódio e variar a concentração de hexametenotetramina, de modo a obter um grau de branco satisfatório e uma resistência razoável. Abdel-Halim, concluiu que o tratamento a $95^{\circ}C$, num banho com uma concentração de clorito de sódio de 5g/L e uma concentração de hexametenotetramina de 0,02g/L, durante cerca de duas horas eram as condições ideais para o tratamento (Abdel-Halim, 2012). A concentrações mais baixas de hexametenotetramina era necessário prolongar a duração do tratamento e não se obtinha um grau de branco satisfatório, enquanto que a concentrações mais elevadas não ocorria o branqueamento, pois a decomposição do clorito de sódio era muito rápida.

Para obter um sistema de branqueamento eficaz, que não altere as propriedades do material Abdel-Halim, utilizou o clorito de sódio e o permanganato de potássio (Abdel-Halim, 2012). Os parâmetros estudados foram a eficiência do branqueamento, a concentração do clorito de sódio e do permanganato de potássio de modo que o grau de branco, a perda de peso do tecido e a resistência fossem aceitáveis. Abdel-Halim, concluiu que para que o tecido de algodão obtivesse as características desejadas, o processo ideal seria um banho com uma relação de 1:10, que continha 5g/L de clorito de sódio e 1g/L de permanganato de potássio (Abdel-Halim, 2012).

O investigador Abdel-Halim sugere que uma outra forma de tornar o branqueamento mais simples, seria realizá-lo numa única etapa (Abdel-Halim, 2013). Neste estudo foi testado a decomposição do clorito de sódio quando catalisado por sais de trietanolamina, onde foi fixada a concentração do clorito de sódio. A variação da concentração dos sais de trietanolamina influencia o grau de branco final do tecido, permitindo concluir qual a melhor concentração a utilizar. Para um ótimo grau de branco é necessário ativar a decomposição do clorito de sódio com 10mmol/L de sais de trietanolamina. Os resultados mostram que os sais preparados com ácidos minerais provocam uma melhor ativação do que quando preparados com ácidos orgânicos.

O grau de branco, a decomposição do agente branqueador e a resistência do material têxtil são os principais pontos de avaliação da eficiência do processo de branqueamento. Liu e os colaboradores demonstraram como esses pontos são importantes, comparando os valores/graus finais obtidos com diferentes ativadores para quando do uso de peróxido de hidrogénio como branqueador (Liu, et al., 2017) (Liu, et al., 2018). Liu e seus colaboradores utilizaram o PAG (glicose pentaacetilada) como ativador do peróxido de hidrogénio (Liu, et al., 2017). A adição de PAG provocou um aumento significativo do grau de branco e da decomposição do H_2O_2 , enquanto que a resistência foi pouco modificada, a uma temperatura de 70°C. Liu e os seus colaboradores concluíram com este estudo concluiu que a concentração de PAG estava relacionada com o grau de branco, através do uso de uma sonda fluorescente de ácido benzenopentacarboxílico (Liu, et al., 2017). Estes investigadores utilizaram a tetraacetilidrazina (TH) como ativador de branqueamento do algodão (Liu, et al., 2018). A tetraacetilidrazina apresenta uma melhor solubilidade do que a TAED, muitas vezes usada neste processo. Por adição da TH ao peróxido de hidrogénio, o grau de branco e a taxa de decomposição do H_2O_2 aumentou significativamente a uma temperatura de 70°C. Devido à alta eficiência do branqueamento do sistema H_2O_2 /TH e a obtenção de um grau de branco satisfatório, a uma menor temperatura e a uma redução de tempo, mostra que este processo pode ser implementado nas indústrias devido à sua economia de energia.

Abdel-Halim e Al-Deyab prepararam o ácido peracético para o branqueamento do algodão. O ácido peracético foi obtido através da reação do peróxido de hidrogénio com ácido acético glacial em presença de ácido sulfúrico concentrado como catalizador (Abdel-Halim & Al-Deyab, 2011). Estes investigadores concluíram que as condições ideais para o branqueamento, correspondem à utilização do ácido peracético (40ml/L) com uma razão de banho de 1:30, pH 6, a 70°C, durante 30 minutos (Abdel-Halim & Al-Deyab, 2011). Após os 30 minutos o pH deve ser alterado a 10,5 para que o branqueamento continue durante mais 30 minutos. Estas condições permitiram obter um tecido branqueado com um grau de branco razoável e com propriedades mecânicas satisfatórias.

Cada vez mais a indústria têxtil tem vindo a tornar os seus processos mais ecológicos mas, as tecnologias usadas atualmente para conseguir obter um branqueamento a baixa temperatura, entram em conflito com a eficiência e o custo.

Yu e os seus colaboradores, estudaram um processo economicamente eficiente para o processo de branqueio do algodão com o peróxido de hidrogénio a baixa temperatura (Yu, et al., 2018). Neste estudo, foi avaliado a influência da temperatura e das concentrações iniciais dos componentes (H_2O_2 , $NaHCO_3$ e Cu^{2+}) no branqueamento do algodão. Os resultados obtidos neste estudo, indicam que o sistema utilizado, teve um menor custo operacional e uma maior eficiência do que os branqueamentos convencionais ativados por TAED (Yu, et al., 2018). O banho de branqueamento utilizado pode ser reutilizado, reforçando mais a sua viabilidade para as aplicações industriais. Estes investigadores concluíram que o sistema utilizado é simples, amigo do ambiente e eficaz na degradação da cor natural do algodão (Yu, et al., 2018).

Um estudo interessante diz respeito à implementação de um processo de branqueamento a baixa temperatura e pH quase neutro (Long, et al., 2013). Comparando com os métodos comerciais o sistema utilizado por estes investigadores, observou-se a obtenção de um grau de branqueamento superior, uma absorção de água ligeiramente inferior, uma capacidade de tingimento aceitável e uma vantagem bastante competitiva de proteger o algodão de danos químicos (Long, et al., 2013)

Xu e os seus colaboradores também estudaram um sistema que permitisse realizar o branqueamento do algodão a baixa temperatura (Xu, et al., 2015). Neste estudo o ativador estabelecido para o processo com peróxido de hidrogénio foi o cloreto de N-[4-(trietilamonometil)benzoil]butirolactama (TBBC). Os resultados mostraram que o sistema usado

apresentava um melhor desempenho num intervalo de pH entre 6 e 8. Este intervalo pode ser obtido através da adição de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) à solução. Este sistema permitiu também proceder ao branqueamento de uma forma mais rápida e a uma temperatura muito inferior, a 50°C . Em comparação com o sistema convencional a uma temperatura superior, o sistema usado neste estudo, forneceu um grau de branco equivalente, um maior grau de polimerização e uma absorção de água ligeiramente inferior ao tecido de algodão tratado (Xu, et al., 2015).

Estes investigadores usaram um novo e promissor ativador catiónico, o cloreto de N- [4-(trietilamonometil) benzoil] butirolactama (TBBC) (Xu, et al., 2011). O pH do banho e a concentração de TBBC tiveram um efeito significativo, enquanto o efeito da temperatura no desempenho do branqueamento não foi tão pronunciado. O branqueamento do algodão com TBBC- H_2O_2 foi mais efetivo com pH 7, na presença de 7,5 g/L TBBC e a 60°C , o dano da fibra foi substancialmente reduzido, quando comparado com o branqueamento de H_2O_2 convencional (Xu, et al., 2011).

Atualmente cada vez mais tem se recorrido a técnicas inovadoras para melhorar os processos, de forma a torná-los mais sustentáveis e mais eficazes. São os casos dos processos inovadores que resultaram da implementação de enzimas e energia ultrasónica, no pré-tratamento do algodão, com objetivo de branquear estes substratos (Farooq, et al., 2013) (Mistik & Yukseloglu, 2005).

A pesquisa de Farooq e seus colaboradores baseou-se no branqueamento enzimático de um tecido de algodão (Farooq, et al., 2013). O desempenho do processo enzimático foi comparado com o processo convencional. O tratamento enzimático mostrou-se mais eficaz em relação ao grau de branco mas no que concerne às propriedades mecânicas são equivalentes, bem como a resistência do tecido em comparação com o do tratamento convencional são equivalentes.. Além disso estes investigadores constataram ainda que o peróxido de hidrogénio produzido pela glicose oxidase é uma boa alternativa ao peróxido comercialmente disponível (Farooq, et al., 2013).

O processo convencional do branqueamento tem alguns problemas nomeadamente a longa duração do processo e o elevado consumo energético. Mistik e Yukseloglu estudaram um método alternativo, usando energia ultrasónica (Mistik & Yukseloglu, 2005). Neste trabalho foram usadas diferentes condições, amostras de 100% algodão foram tratadas com peróxido de hidrogénio com diferentes concentrações (5 ml/L e 10ml/L), em três temperaturas diferentes (20°C , 30°C e

40°C) e também em tempos distintas (20 min., 30min. e 60 min.). Estes investigadores concluíram que é necessário metade do tempo para obter o mesmo grau de branco do substrato fibroso. Quando se utiliza energia ultrasónica, observou-se que à medida que a fibra fica mais fina, o grau de branco aumenta. Por outro lado o grau de branco é superior quando as amostras foram submetidas a um banho, cuja concentração de peróxido de hidrogénio é de 10mL/L a 40° durante 60 minutos (Mistik & Yukseloglu, 2005).

A decomposição do peróxido de hidrogénio por vezes dá-se muito rapidamente não promovendo o branqueamento do algodão, o que leva o peróxido de hidrogénio a reagir com impurezas presentes no banho. Para retardar a decomposição do peróxido de hidrogénio são usados estabilizadores. Vários investigadores têm estudado o desempenho de vários estabilizadores na retardação da decomposição do peróxido de hidrogénio, Ru e seus colaboradores pretenderam melhorar o efeito retardador da decomposição do peróxido de hidrogénio através da encapsulação do peróxido em lipossomas catiónicos como alternativa ao silicato de sódio (Ru & Qian, 2015). Os lipossomas catiónicos são estabilizadores orgânicos que visam substituir o tradicional silicato de sódio. Para obter um bom branqueamento os lipossomas têm que ser usados a um pH entre 8,8 e 9. Ru e Qian concluíram que os lipossomas catiónicos tem um efeito retardador superior ao do silicato de sódio, quer em relação à decomposição do peróxido de hidrogénio, quer em relação ao grau de branco obtido nas fibras de algodão (Ru & Qian, 2015).

Khan efetuou um estudo onde comparou o desempenho de estabilizadores biodegradáveis com um estabilizador convencional (Khan, 2014). Os critérios selecionados para avaliar o desempenho dos estabilizadores consistiu em utilizar peróxido de hidrogénio na presença de iões metálicos. O grau de branco, a resistência, a hidrofiliidade e a fluidez também foram parametros estudados por este investigador (Khan, 2014). Os estabilizadores biodegradáveis mostraram um elevado grau de branco quando usados, numa baixa concentração. Khan, concluiu que os estabilizadores biodegradáveis podem substituir os convencionais e protegerem com sucesso a qualidade do tecido (Khan, 2014).

He e seus colaboradores, utilizaram um estabilizador com oxigénio para o processo de branqueamento de um tecido de algodão (He, et al., 2014). O estabilizador foi preparado com EDTA e cloreto de magnésio. As condições ótimas consiste num banho a pH 11, a uma temperatura entre 75 a 85°C, cuja concentração de estabilizador é de 4,5g/L durante 45 minutos.

Estes investigadores concluíram que o uso deste estabilizador permitiu diminuir a taxa de decomposição do peróxido de hidrogénio e melhorou o grau de branco (He, et al., 2014).

Zubair e seus colaboradores, estudaram o desempenho do silicato de sódio e de um estabilizador com base de aminopolicarboxilato num branqueamento com peróxido de hidrogénio (Zubair, et al., 2013). O silicato de sódio foi usado inicialmente mas o problema dos depósitos de silício nos tecidos e nos equipamentos levou a comunidade científica a investigar outros estabilizadores que possam ter um melhor desempenho. A avaliação do estabilizador com base de aminopolicarboxilato mostrou que pode ser usado com sucesso comparativamente ao silicato de sódio sem qualquer efeito desfavorável em relação ao tecido e ao equipamento.

3 Desenvolvimento experimental

Neste trabalho pretende-se otimizar a etapa de branqueamento do pré-tratamento do algodão, estudando o comportamento e os efeitos que os estabilizadores provocam nesta fase. Inicialmente estudou-se e caracterizou-se o substrato têxtil de algodão ao qual se irá debruçar o estudo.

Tendo em conta a revisão bibliográfica, efetuou-se o tratamento prévio em causa segundo a receita utilizada e o estabilizador *Ruco-Flow ALL* usado na empresa *Riler Indústria Têxtil, S.A.*. Para comparação realizou-se também um branqueamento sem estabilizador, para saber qual os efeitos que este provoca no substrato.

Na segunda etapa foram efetuados branqueamentos com estabilizadores com diferentes características. O estabilizador *Toxesperse Roll* tem uma base de silicatos, enquanto que o *Toxal 17N* é constituído por compostos orgânicos. O branqueamento foi ainda realizado com o estabilizador *Toxal H₂O₂* cuja base possui uma mistura de silicatos e compostos orgânicos.

Durante todo o processo de branqueamento estudou-se a decomposição do peróxido de hidrogénio na presença de diferentes estabilizadores, de modo a selecionar o que melhor complexa as impurezas metálicas eliminando assim problemas relacionados com a decomposição prematura do peróxido de hidrogénio, vulgarmente conhecido como água oxigenada.

Com este trabalho pretendeu-se ainda caracterizar o tecido de algodão branqueado com os diferentes estabilizadores, através de várias técnicas. As técnicas utilizadas pretendem avaliar as propriedades que o felpo apresenta no final do pré-tratamento, para que este possa ser aprovado para seguir para a fase seguinte da produção, que não será contemplada nesta dissertação. A aprovação do cliente debruça-se sobre o grau de branco, as propriedades mecânicas e a capacidade de absorção do tecido. O estudo do grau de branco é de extrema importância quando posteriormente o tecido de algodão é tingido ou estampado em cores claras. A hidrofiliidade é de igual importância, pois esta característica condiciona os tratamentos/acabamentos posteriores. A absorção dos corantes e/ou produtos que possam ser aplicados dependem desta característica. Assim a hidrofiliidade das amostras foi medida através da técnica do ângulo de contacto. As propriedades mecânicas do substrato têxtil antes e após o branqueamento, foram também avaliadas através da resistência à tração.

3.1 Materiais

Para todos os ensaios realizados utilizou-se felpo com 100% de algodão em cru, tafetá. A escolha do substrato têxtil foi feita pela empresa *Riler Indústria Têxtil, S.A.*, de acordo com os seus interesses. Todo o tecido foi gentilmente cedido pela empresa *Riler Indústria Têxtil, S.A.*

3.2 Químicos

Para a primeira parte do estudo foram utilizados os produtos químicos já usados na empresa, onde o estabilizador é o *Ruco Flow AIL*. O anti espuma utilizado foi o *Rustol ACA*, com um carácter não iónico de pH 11, com aspeto de emulsão branca, cedido pela empresa *Riler Indústria Têxtil, S.A.* O agente branqueador utilizado foi o peróxido de hidrogénio, vulgarmente conhecido como água oxigenada, apresenta-se num líquido incolor, com uma densidade relativa de 1,110g/cm³. O hidróxido de sódio foi utilizado como ativador com o fim de desencadear o branqueamento.

Na segunda parte do estudo foram utilizados três estabilizadores diferentes, um à base de silicato, um com compostos orgânicos e o outro com uma mistura de compostos orgânicos e silicato. As características destes estabilizadores encontram-se detalhadas na Tabela 3.

Todos os estabilizadores foram fornecidos pela empresa *Riler Indústria Têxtil, S.A.* As fichas técnicas destes estabilizadores encontram-se nos anexos 2,3,4,5 e 6.

Tabela 3: Características dos estabilizadores utilizados durante os ensaios

Tipo de estabilizador	Formulação	Caracter iónico	Aspeto	pH	Densidade (g/cm ³)
Base de silicato	<i>Toxesperse Roll</i>	Aniónico	Líquido amarelado	11	1,3
Compostos orgânicos	<i>Toxal 17N</i>	Aniónico	Líquido amarelo/âmbar	7,0	1,3
Compostos orgânicos e silicato	<i>Toxal B75</i>		Líquido	4,5	1,0
Compostos orgânicos	<i>Ruco Flow All</i>	Aniónico	Líquido amarelo	11	

3.3 Equipamentos Utilizados

Na caracterização básica do felpo original utilizou-se vários equipamentos tais como o microscópio *Leica DM750M*, o medidor de espessura (*Mitutoyo* Modelo 2046F) e o *Crimptester Sodemat* para a massa linear. Para execução do desenvolvimento experimental utilizou-se uma máquina de tingir *Ahiba*, para a realização do branqueamento do felpo.

Nesta dissertação efetuou-se a caracterização do tecido de algodão branqueado com os diferentes estabilizadores, o branqueado sem qualquer estabilizador e o original utilizando várias técnicas. Na determinação do grau de branco utilizou-se o *spectraflash* da *Datacolor International*.

Para avaliar a hidrofiliidade das amostras de CO originais (sem tratamento), branqueadas sem estabilizador e com diferentes estabilizadores, utilizou-se o equipamento que permite medir o ângulo de contacto o Goniómetro *Contact Angle System OCA*.

Para estudar as propriedades mecânicas das amostras de CO branqueadas e originais, nomeadamente a determinação da força máxima e do alongamento pelo método da tira, utilizou-se um dinamómetro *HOUNSFIELD*.

3.4 Métodos experimentais

3.4.1 Caracterização básica

Neste subcapítulo serão descritos resumidamente todos os métodos experimentais utilizados para caracterizar o substrato têxtil em cru.

3.4.1.1 Debuxo

O cruzamento dos fios da teia com os fios da trama, ou seja, a estrutura do tecido é estudada pelo debuxo. O debuxo baseia-se numa representação gráfica constituída por um sistema binário. O sistema binário baseia-se no quadrado pintado, que representa quando o fio da teia passa por cima do fio da trama e no quadrado por pintar, indica o fio da trama a passar por cima do fio da teia. No gráfico o espaço entre duas linhas verticais representa o fio da teia, enquanto que o fio da trama é indicado entre o espaço de duas linhas horizontais (Figura 12).

A realização deste ensaio seguiu a norma NP 4114.

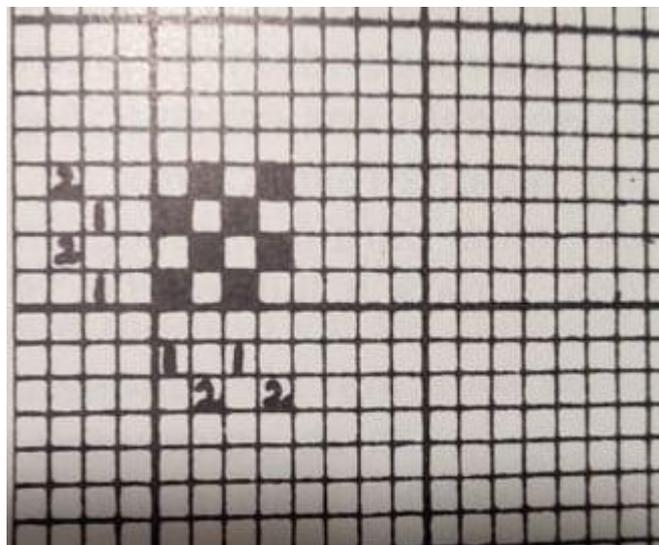


Figura 12: Representação de debuxo

3.4.1.2 Massa por unidade de comprimento e de superfície

Este ensaio foi realizado segundo a norma NP EN 12127. O ensaio consiste na preparação de 5 provetes, com o auxílio de um dispositivo de corte (Figura 13) com uma área mínima de corte de 100cm². Posteriormente os provetes são pesados individualmente numa balança analítica.

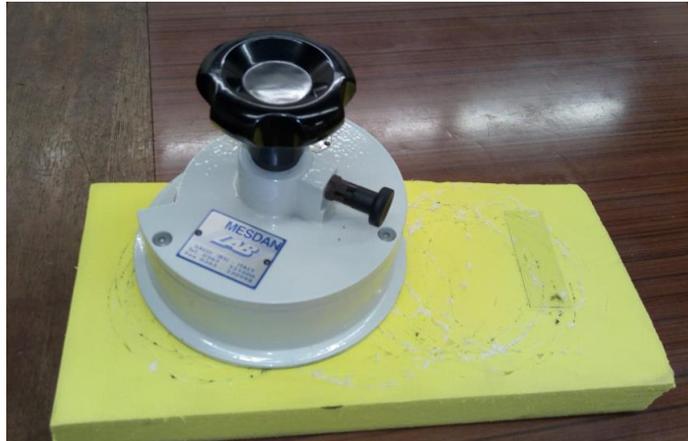


Figura 13: Dispositivo de corte

A massa por unidade de superfície é assim calculada conforme mostra a equação 9.

Equação 9: Equação para a massa por unidade de superfície

$$M = \frac{m * 10000}{A}$$

Onde:

m – massa de um provete em gramas

A – área de um provete em cm²

3.4.1.3 Número de fios ou malhas por unidade de comprimento

Num tecido o número de fios por unidade de comprimento é designado por contextura. A contextura é avaliada pela densidade da teia e da trama, sendo a densidade da teia expressa por fios por centímetro. “Fios” é o nome designado para os fios da teia, enquanto que os fios da trama são designados por passagens, sendo assim expressa a densidade da trama.

A densidade da teia e da trama demonstra a qualidade do tecido, sendo bastante importante este ensaio, que para a sua realização seguiu-se a norma NP EN 1049-2. Esta norma apresenta diversos métodos para a determinação do número de fios por centímetro no tecido. O método usado foi o método A (desfiamento do tecido).

Este método consiste em desfiar uma amostra de tecido com as dimensões especificadas na norma e contar o número de fios, que preferencialmente devem ser curtos, cerca de 2cm.

3.4.1.4 Massa linear de um fio retirado de um tecido

Para a realização deste ensaio seguiu-se a norma NP 4105. Este ensaio permitiu determinar a massa linear de um fio desfiado de um tecido, aplicando-se aos fios da teia e aos fios da trama que constituem o mesmo.

Separou-se 10 fios de teia e 10 fios de trama de uma tira de tecido e determinou-se o comprimento dos mesmos, de seguida pesou-se o conjunto dos fios da teia e da trama (Figura 14).

A massa linear do fio é obtida em unidades do sistema tex. O sistema tex corresponde ao peso em gramas em um quilómetro de fio.

$$\frac{\text{massa dos fios retirados do tecido (grama)}}{\text{comprimento total dos fios (metro)}} \times 1000$$



Figura 14: Aparelho usado no ensaio da determinação da massa linear de um fio retirado de um tecido, Crimpster

3.4.1.5 Determinação da espessura de têxteis e produtos têxteis

A espessura dos têxteis é geralmente medida de acordo com a norma NP EN ISO 5084, onde sobre o têxtil é aplicada uma pressão de 1KPa. A espessura da amostra é determinada através da distância perpendicular entre as duas placas de referência.

O provete é colocado sobre uma das placas e é pressionado por um calcador, que tem incorporado o medidor da distância entre as referências (Figura 15).



Figura 15: Aparelho usado na medição da espessura do tecido

3.4.2 Branqueamento com peróxido de hidrogénio

As amostras de felpo foram branqueadas utilizando 0, 40 g/L de *Rustol ACA*, 2, 50 g/L de água oxigenada 200 volumes e 4, 00 g/L soda caustica líquida 50%, como receita base. Foram efetuados cinco processos de branqueamento onde foram realizados cinco ensaios em cada, usando a receita base. No primeiro processo não se utilizou nenhum estabilizador. Nos quatros processos restantes além da receita base adicionou-se 1, 00 g/L de estabilizador. Os estabilizadores estudados em cada processo foram o *Ruco-flow AIL*, *Toxal 17N*, *Toxal H₂O₂* e o *Toxesperse Roll*.

Os ensaios de branqueamento foram realizados a 102°C durante 60 minutos, na *Ahiba Spectrum – Datacolor* (Figura 16), com uma razão de banho 1:10. Posteriormente as amostras foram lavadas com água corrente e secas ao ar.



Figura 16: Máquina utilizada no branqueamento Ahiba spectrum – Datacolor

3.4.3 Determinação do H₂O₂ através da titulação com permanganato de potássio

Neste estudo, seguiu-se a norma AATCC *Test Method 102-2002*, baseando-se na adição de ácido sulfúrico 20% (V/V) à solução da amostra e sendo titulada de seguida com uma solução de permanganato de potássio padronizada.

A concentração do peróxido de hidrogénio (V/V) em percentagem é calculada através da seguinte formula,

$$\%H_2O_2 = \frac{(V_t - V_b) * N_t * 0,017 * 100}{W_s},$$

Onde V_t é o volume de permanganato de potássio utilizado, V_b é o volume de permanganato de potássio utilizado no ensaio em branco, N_t corresponde à normalidade do permanganato de potássio e W_s é o valor da massa da solução da amostra a ser titulada.

3.4.4 Avaliação do grau de branco

As avaliações colorimétricas têm em consideração três componentes, o iluminante, o objeto e o observador. A fórmula de *Berger* é muito utilizada na área dos têxteis.

As medições do grau de branco do substrato têxtil foi determinado depois do branqueio do felpo sem estabilizador e com os diferentes estabilizadores, usando o *Spectraflash* da *Datacolor International* (Figura 17), com o programa *Datacolor Tools Plus*, usando a iluminação padrão D65

com uma abertura LAV 30mm. Foram realizadas 15 leituras de grau de branco, em diferentes pontos da amostra, a partir das quais se determinou um valor médio.



Figura 17: Spectraflash da Datacolor International

3.4.5 Avaliação da resistência à tração

A determinação das propriedades mecânicas do tecido de algodão sem estabilizador e do substrato têxtil com os diferentes estabilizadores (*Ruco Flow AIL*, *Toxal 17N*, *Toxal H₂O₂* e *Toxperse Roll*) foi realizada de acordo com a norma NP EN ISO 13934 – 1 Parte 1: Determinação da força máxima e do alongamento à força máxima por meio do método da tira.

Este método de avaliação foi usado para determinar a força máxima necessária à rutura do provete. A força exercida sobre o provete é medida num dinamómetro uniaxial *Hounsfield* (Figura 18) onde também é determinado o alongamento em percentagem.

O provete é preso nas extremidades por duas pinças, onde é aplicada uma força gradual até à sua rutura. Para a realização destes testes foram utilizados provetes com as dimensões 6x15cm cortadas no sentido da teia e da trama. Os provetes foram desfiados (0,5cm de cada lado) de forma a garantir que o artigo tem todos os fios com o mesmo comprimento.



Figura 18: Dinamómetro HOUNSFIELD

As condições experimentais utilizadas foram as seguintes:

- Distância de carga: 1000N
- Distância de alongamento: 100mm
- Comprimento nominal: 75mm
- Velocidade: 100mm/min.
- Pré-tensão: 2N.

3.4.6 Avaliação do ângulo de contacto

A repelência do substrato têxtil é um parâmetro importante a ser avaliado, pois é necessário que o material têxtil possua afinidade para os tratamentos que possam ser realizados posteriormente, como por exemplo o tingimento.

A repelência baseia-se nas energias superficiais do material têxtil e do líquido que estará em contacto com essa superfície, avaliando as interações entre eles. Todos os líquidos desejam atingir o mínimo estado de energia possível, movendo-se assim de forma a minimizar a tensão superficial, ou seja, tendem a tomar a forma de uma esfera para que haja um maior contacto entre as moléculas do próprio líquido. O líquido quando entra em contacto com uma superfície tem o mesmo comportamento, sendo assim necessário determinar a energia superficial do material para

que se possa avaliar as interações existentes entre eles. As medições do ângulo de contacto são geralmente usadas para determinar a energia superficial de um material.

O ângulo de contacto entre a gota de água e a superfície têxtil deve-se à interação da tangente da superfície líquida de uma gota de água com o plano da superfície de contacto. Uma superfície sólida é hidrofóbica quando o ângulo de contacto é superior a 90° , ou seja, a gota de água tende a tomar a forma de esfera, como se pode observar na Figura 19 a). No entanto quando o ângulo de contacto é inferior a 90° a superfície é caracterizada de hidrofílica, pois esta atrai a gota de água levando o ângulo a tender para zero (Figura 19 b)) (Bhusham, 2012).



Figura 19: a) Ângulo de contacto de uma superfície hidrofóbica e de uma superfície hidrofílica b)

Para avaliar a hidrofiliidade das amostras utilizou-se o equipamento Goniómetro *Contact Angle System OCA*, como mostra a Figura 20. Em todos os ensaios realizados utilizaram-se velocidades de dosagem de 5,00 microlitros/s.



Figura 20: Goniómetro Contact Angle System OCA utilizado no ensaio para a determinação do ângulo de contacto

4 Análise e discussão de resultados

O felpo é descrito como um produto têxtil absorvente, confortável, resistente e de fácil tingimento. Os ensaios apresentados no capítulo anterior têm como função melhorar essas mesmas características, bem como otimizar o processo de obtenção. Além de obter um produto têxtil com qualidade, a empresa pretende também obter um processo mais económico, ecológico e eficaz. Um dos objetivos deste trabalho, foi testar diferentes estabilizadores com o intuito de rentabilizar o processo, mantendo a qualidade do produto têxtil.

O maior problema apresentado pela empresa *Riller Indústria Têxtil, S.A* no processo de branqueamento deve-se à degradação do peróxido de hidrogénio durante o tratamento. Caso a degradação seja controlada é possível obter um processo mais eficaz, permitindo assim um produto com qualidade e um tratamento rentável.

Neste capítulo, foram avaliadas as características básicas do tecido de algodão, a degradação do peróxido de hidrogénio durante todo o processo de branqueação, bem como o grau de branco, hidrofiliidade e as propriedades mecânicas do produto têxtil. Esta avaliação foi efetuada tendo em conta as propriedades exigidas pela empresa *Riller Indústria Têxtil, S.A*. para os respetivos felpos.

Para os diferentes ensaios, nomeadamente o grau de branco, ângulo de contacto e resistência à tração, foram calculados os valores médios, desvio padrão e o coeficiente de variação, conforme as equações evidenciadas no anexo 1.

4.1 Caracterização básica

Para efetuar a caracterização básica do tecido de algodão foram realizados vários ensaios nomeadamente, o debuxo, a massa linear de um fio retirado de um tecido, a espessura, o número de fios por unidade de comprimento, a observação microscópica e a massa por unidade de superfície.

As Figuras 21 e 22, evidenciam as vistas longitudinais das fibras de algodão no sentido da teia e trama. Da análise das figuras respetivas foi possível constatar a presença de convoluções que são características do algodão.

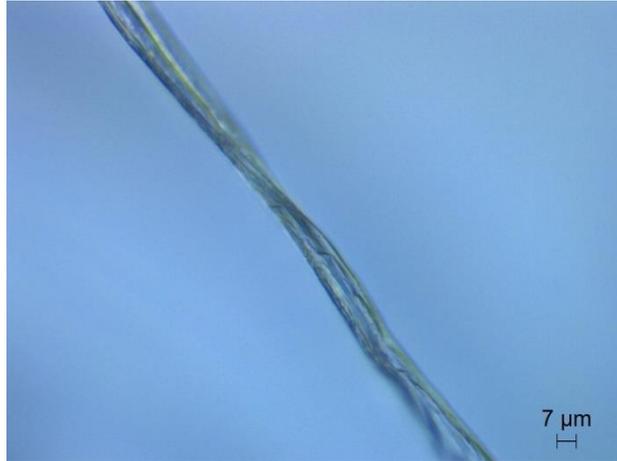


Figura 21: teia de cima

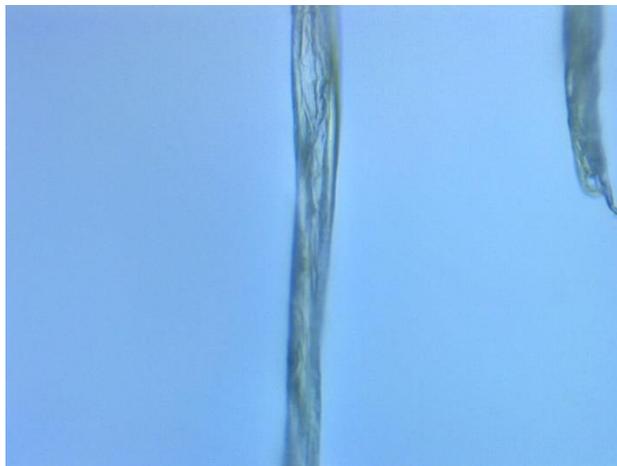


Figura 22: fio da trama

A estrutura base dos ligamentos é tafetá, o debuxo mais simples que apresenta um fio de teia para um fio de trama. No entanto o felpe estudado, apresenta um fio de trama e dois fios de teia. Os dois fios de teia são divididos em fio da teia de cima que apresenta o felpe e a teia de baixo que é a base, ou seja, não apresenta argolas. Em relação ao debuxo mais simples, o felpe apresenta mais um fio de teia, sendo assim considerado um tafetá ampliado à teia, estando numa relação de dois para um, e irregular. Assim o debuxo da estrutura do felpe, é um tafetá ampliado à teia irregular (Figura 23).

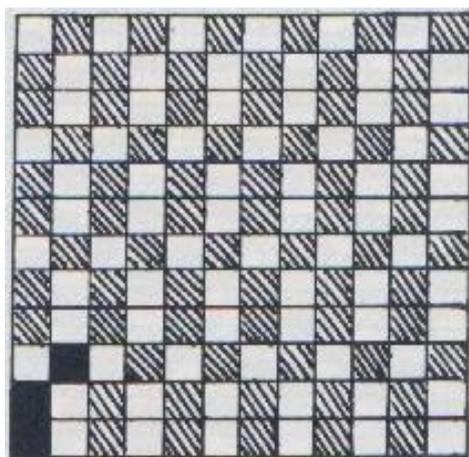


Figura 23: Debuxo tafetá ampliado à teia irregular

Na Tabela 4, estão apresentadas todas as propriedades estudadas na caracterização básica do tecido de algodão original.

Tabela 4: Caracterização básica do tecido de algodão

Ensaio Realizado		Resultados
Debuxo		tafetá
Contextura	Teia	22,5 fios/cm
	Trama	11 passagens
Massa por unidade de superfície		325 g/m ²
Massa linear dos fios	Teia de cima	37,09 tex
	Teia de baixo	48,21 tex
	Trama	41,64 tex
Espessura		1,65 mm

4.2 Branqueamento com peróxido de hidrogénio

O uso dos estabilizadores durante o branqueamento além de complexar os iões metálicos, ajudam a controlar a decomposição do peróxido de hidrogénio quando o pH e a temperatura apresentam valores elevados. Como a solução de branqueamento apresenta um valor de pH de 11 na ausência do estabilizador, o peróxido de hidrogénio iria-se degradar e formar oxigénio gasoso, não branqueando a fibra eficazmente. Neste estudo, utilizaram-se diferentes

estabilizadores que permitiram um maior controlo da reação do peróxido de hidrogénio com a celulose e deste modo a formação do ião perhidroxilo que ataca o algodão e branqueia-o.

Além das funções referidas o estabilizador pode também funcionar como dispersante, molhante e detergente no banho de branqueamento. Estas funcionalidades do estabilizador permitem melhorar a hidrofiliidade e o grau de branco do felpo.

O facto de os estabilizadores complexarem os iões metálicos levam a uma menor degradação e a uma vida mais longa da máquina de branqueamento. A nível ambiental a limpeza das águas também são simplificadas.

4.3 Estudo da ação dos estabilizadores na decomposição do peróxido de hidrogénio no processo de branqueamento do algodão

O pH e a temperatura elevada levam à decomposição do peróxido de hidrogénio e à degradação das fibras. Para reduzir a decomposição e os danos à fibra, são utilizados estabilizadores durante o processo de branqueio. Assim sendo, necessário avaliar o grau de eficácia dos estabilizadores na decomposição do H_2O_2 . O peróxido de hidrogénio residual foi medido durante o tempo de branqueação do tecido de algodão, na presença dos diferentes estabilizadores e na sua ausência.

A percentagem de peróxido de hidrogénio residual foi medida no tempo inicial e após 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos.

Na tabela 5 encontram-se evidenciados os resultados médios obtidos nas diferentes titulações com permanganato de potássio realizadas no banho de branqueamento em diferentes condições.

Tabela 5: Percentagens volúmicas de peróxido de hidrogénio residuais nos banhos de branqueamento do algodão

Estabilizador	% (V/V) de Peróxido de Hidrogénio residual (min.)						
	0	10	20	30	40	50	60
Nenhum	0,125	0,090	0,061	0,032	0,017	0,023	0,010
<i>Ruco-Flow ALL</i>	0,125	0,094	0,067	0,051	0,038	0,031	0,019
<i>Toxal 17N</i>	0,125	0,080	0,059	0,050	0,041	0,032	0,027
<i>Toxal H₂O₂</i>	0,125	0,075	0,060	0,052	0,041	0,034	0,030
<i>Toxesperse Roll</i>	0,125	0,088	0,070	0,057	0,049	0,038	0,029

Na figura 24 apresentam-se as curvas obtidas das percentagens volúmicas em função do tempo obtidas por titulações dos banhos de branqueamento com permanganato de potássio efetuadas para cada um dos estabilizadores estudados e na ausência de estabilizador.

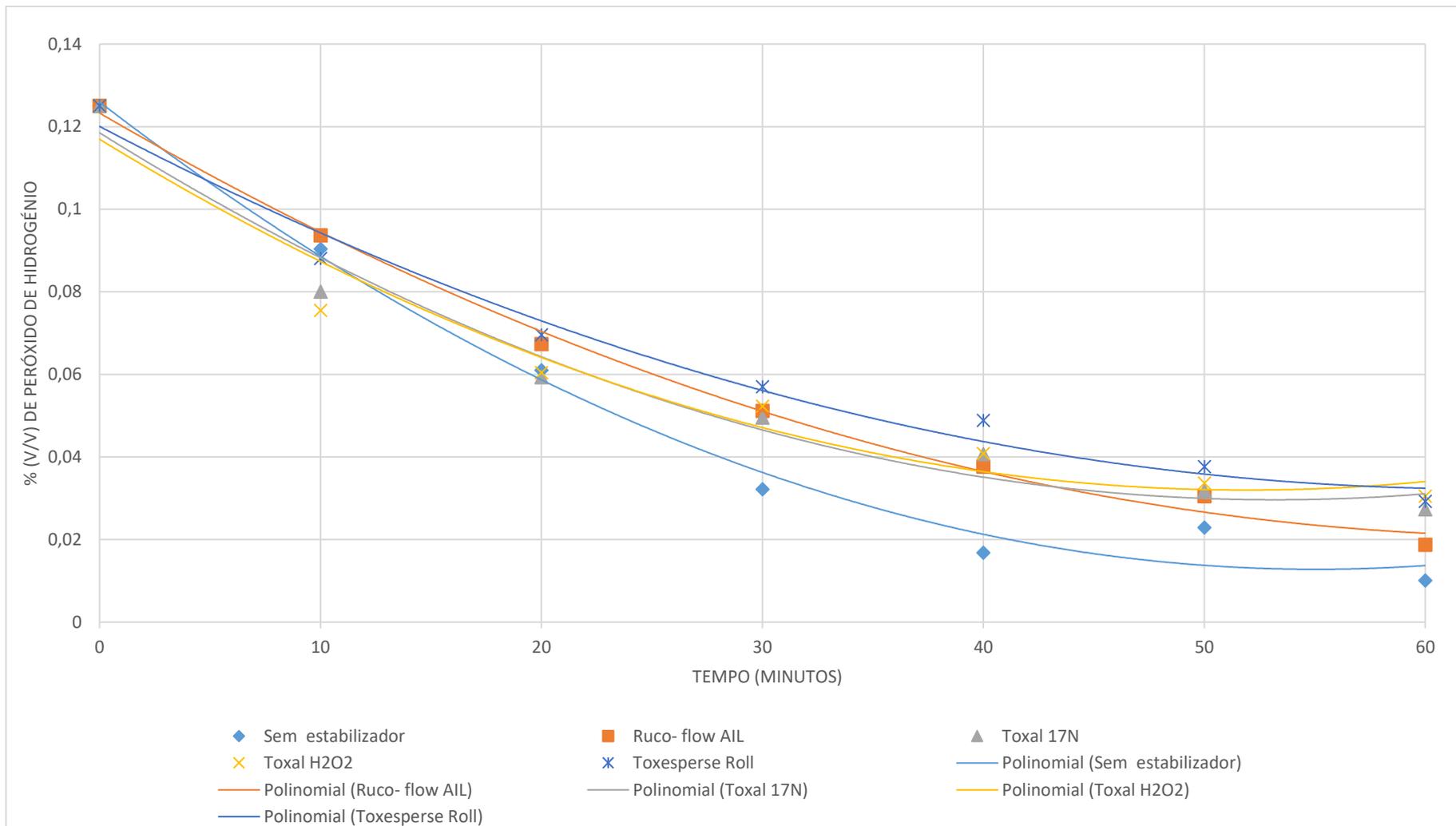


Figura 24: Percentagem volúmica de peróxido de hidrogénio residual em função do tempo de branqueamento (minutos) das amostras de algodão

Da análise das curvas representadas na Figura 24, observou-se que, ao fim de 10 minutos de branqueio na presença dos estabilizadores *Toxal 17N* e o *Toxal H₂O₂* uma maior degradação inicial. Verificou-se também que, ao fim dos 20 minutos em todos os casos obteve-se uma taxa de degradação de peróxido de hidrogénio idêntica. Da análise das curvas de branqueamento ao fim de 30 minutos, observou-se que, na ausência de estabilizador, há uma maior degradação do peróxido de hidrogénio. Aos 40 minutos, a curva do branqueamento sem estabilizador continua com a mesma tendência de degradação acentuada em relação às outras condições. No branqueamento com o estabilizador *Toxesperse Roll*, observou-se uma retardação da degradação do peróxido de hidrogénio, ou seja, a velocidade de degradação do peróxido de hidrogénio abranda. Após análise das curvas correspondente aos 50 minutos de branqueamento, o estabilizador *Ruco-Flow ALL* mostra um aumento da degradação do peróxido, ou seja, o uso deste estabilizador não retarda a degradação. No final do processo de branqueamento (60 minutos) poder-se-á concluir que, a ausência de estabilizador e o uso do estabilizador *Ruco-Flow ALL* não retarda a degradação do peróxido de hidrogénio. Aos 60 minutos, os estabilizadores *Toxesperse Roll* e o *Toxal H₂O₂*, revelam-se mais eficazes na retardação da decomposição do peróxido de hidrogénio.

4.3.1 Avaliação do grau de branco

Um dos objetivos deste trabalho foi avaliar o grau de branco obtido com os diferentes estabilizadores. O grau de branco é de extrema importância, visto que o substrato têxtil pode posteriormente ser tingido com cores claras.

A Tabela que se segue evidencia os valores médios obtidos para o grau de branco das amostras de algodão sem tratamento e com tratamento ao fim de 60 minutos, nas diferentes condições referidas no ponto 4.1.2.

Os resultados obtidos nas diferentes condições estão identificados com letras de A a F como indicados na Tabela 6, onde também se encontram os valores médios, desvio padrão e o coeficiente de variação.

Tabela 6: Grau de branco das amostras original e tratadas com os diferentes estabilizadores ao fim de 60 minutos

Tratamentos iniciais ao fim de 60 minutos						
Substrato não tratado	x					
Substrato tratado		x	x	x	x	x
Sem estabilizador		x				
<i>Ruco-Flow ALL</i>			x			
<i>Toxal 17N</i>				x		
<i>Toxal H₂O₂</i>					x	
<i>Toxesperse</i>						x
Ensaio	Amostras					
	A	B	C	D	E	F
Número de ensaios	15	15	15	15	15	15
Média	9,34	63,376	65,89	64,067	64,093	65,541
Desvio padrão	0,045	2,736	1,078	1,778	2,529	0,734
Coeficiente de variação (%)	0,484	4,316	1,637	2,775	3,946	1,1197

Na Figura 25 encontram-se graficamente representados os valores médios do grau de branco no final do branqueamento.

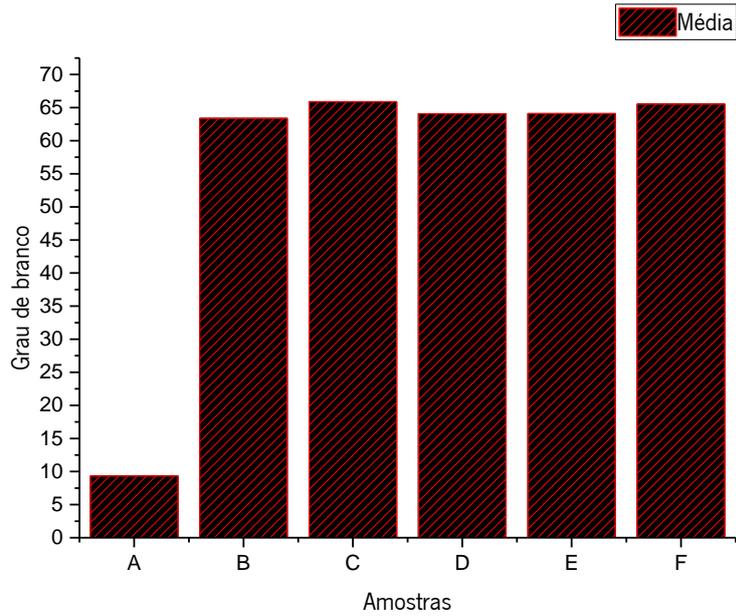


Figura 25: Valores médios do grau de branco

Na *boxplot* representada na Figura 26, encontram-se evidenciados o valor médio, máximo, mínimo, mediana, primeiro quartil e terceiro quartil dos resultados obtidos na determinação do grau de branco. No mesmo gráfico, encontra-se representada a avaliação da dispersão dos resultados obtidos para cada um dos ensaios realizados.

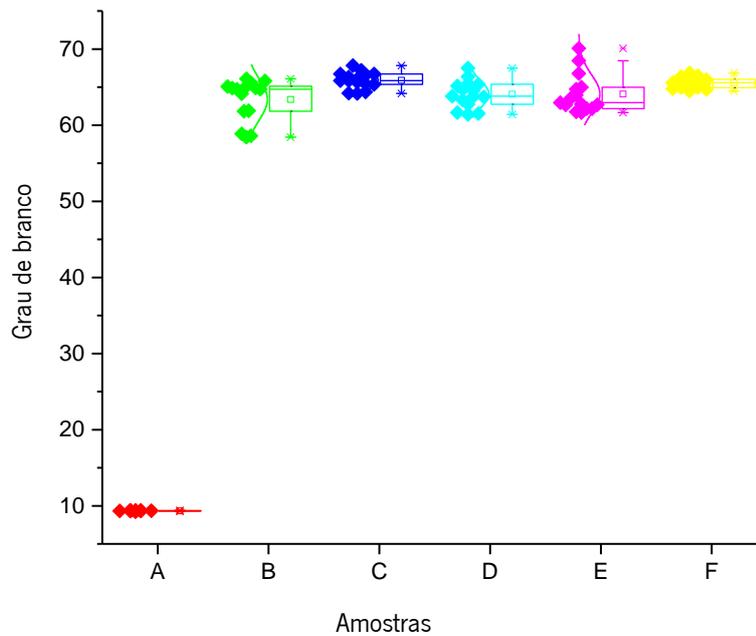


Figura 26: Boxplot dos valores médios do grau de branco

De seguida, efetuou-se o tratamento estatístico dos resultados utilizando o teste de *Tukey*, com o objetivo de identificar as médias que possam ter influência estatística nos resultados, ou seja, que tomadas duas a duas, diferem significativamente entre si.

Os valores retirados da análise deste teste são comprovados na representação gráfica (Figura 27), pela comparação das diferenças entre as médias obtidas pela realização dos vários tratamentos, juntamente com os respetivos intervalos de confiança, para o nível de significância definido, $\alpha = 0,05$. As diferenças de médias dos pares de tratamento são consideradas significativas quando o intervalo de confiança não inclui o valor 0 e não significativas quando o valor 0 está presente no intervalo.

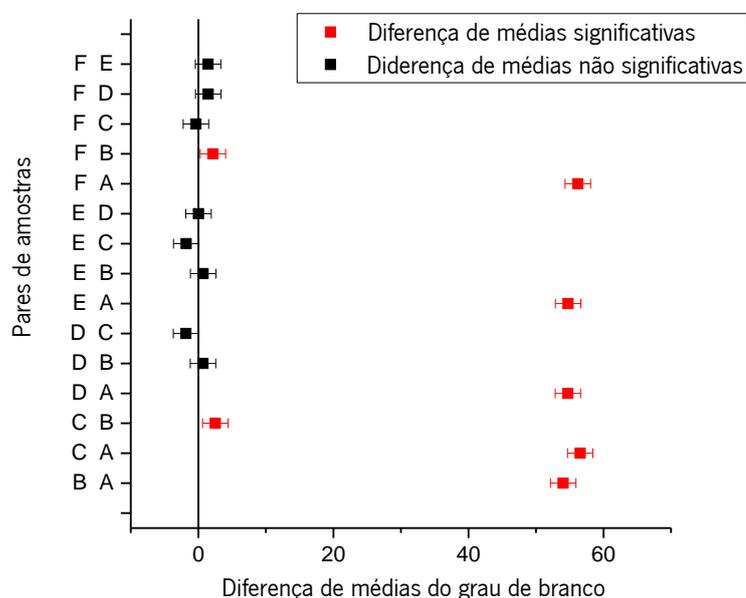


Figura 27: Comparação das médias da variação do grau de branco

Pela análise dos resultados obtidos pela realização do teste de *Tukey*, pode-se concluir que os pares BA, CA, CB, DA, EA, FA e FB apresentam resultados médios significativamente diferentes entre si, enquanto que os pares DB, DC, EB, EC, ED, FC, FD e FE apresentam o valor 0 no seu intervalo, logo não são significativamente diferentes.

Após o estudo e a análise dos valores obtidos em todos os ensaios pode-se concluir que existe um aumento de grau de branco. O valor elevado de grau de branco deve-se ao facto de todo o processo de branqueamento ser mais controlado devido à ação dos estabilizadores. Estes permitem uma maior ação de branqueio e um menor ataque à celulose, levando até a uma menor

degradação da fibra. Apesar da pequena diferença, o *Toxesperse Rolle* e o *Ruco-Flow ALL* destacam-se como os estabilizadores que proporcionam o melhor grau de branco ao tecido de algodão branqueado.

4.3.2 Avaliação da resistência à tração

As propriedades mecânicas das amostras de algodão, nomeadamente a resistência à tração, foram alteradas sendo inevitável a perda de resistência. A avaliação da resistência tornou-se assim imprescindível para compreender a influência dos estabilizadores no branqueamento do substrato têxtil.

As tabelas que se seguem evidenciam os valores médios obtidos para a resistência da força à rutura e alongamento das amostras de algodão sem tratamento e branqueadas com as condições referidas no ponto 3.4.1.

Os resultados obtidos nas diferentes condições estão identificados com as letras de A a F como indicados na Tabela 7, onde também se encontram os valores médios, desvio padrão e o coeficiente de variação, da força de rutura à teia.

Tabela 7: Resistência à tração (N) das amostras original e tratadas no sentido da teia

Força de rutura à teia						
Substrato não tratado	x					
Substrato tratado		x	x	x	x	x
Sem estabilizador		x				
<i>Ruco-Flow ALL</i>			x			
<i>Toxal 17N</i>				x		
<i>Toxal H₂O₂</i>					x	
<i>Toxesperse Roll</i>						x
Ensaio	Amostras					
	A	B	C	D	E	F
Número de ensaios	12	9	13	13	10	10
Média	445,05	446,444	446,192	423,385	449,4	458,65
Desvio padrão	25,445	29,1595	22,277	20,1889	27,344	27,104
Coeficiente de variação (%)	5,717	6,532	4,993	4,768	6,085	5,909

Na Figura 28 encontram-se graficamente representados os valores médios dos resultados obtidos na força de rutura no sentido da teia.

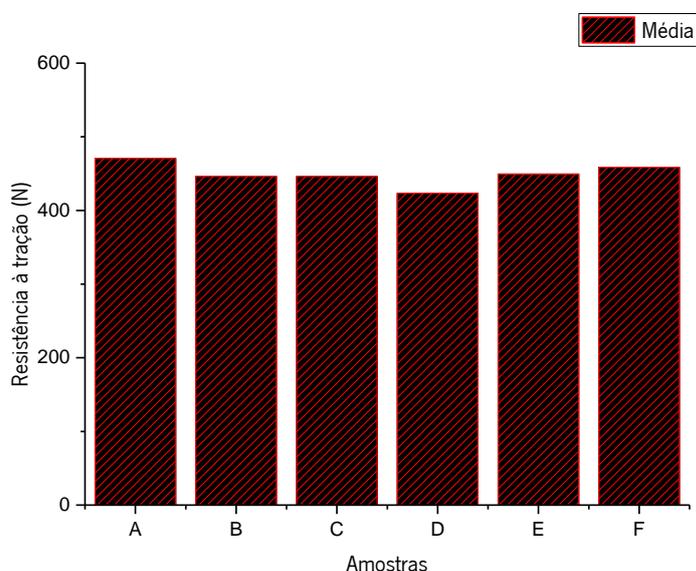


Figura 28: Valores médios da resistência à tração no sentido da teia

Na *boxplot* representada na Figura 29, encontram-se evidenciados o valor médio, máximo, mínimo, mediana, primeiro quartil e terceiro quartil dos resultados obtidos na determinação do ângulo de contacto. No mesmo gráfico, encontra-se representada a avaliação da dispersão dos resultados obtidos para cada um dos ensaios realizados.

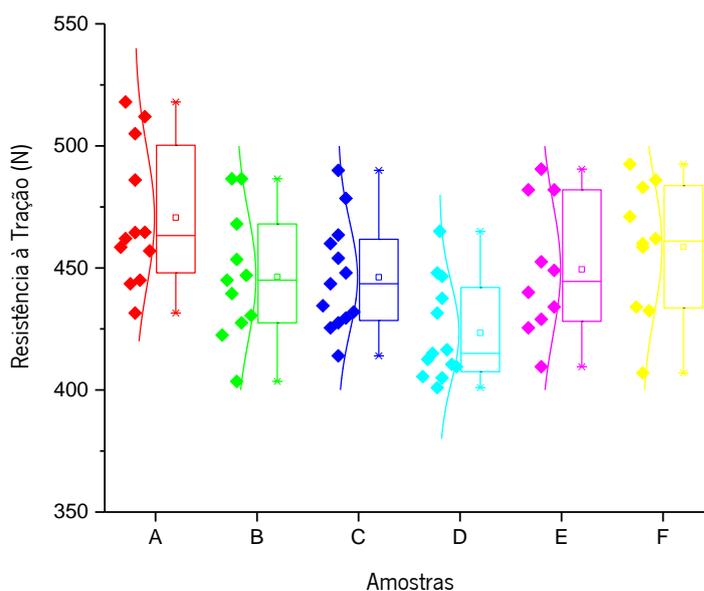


Figura 29: Boxplot dos valores médios da resistência à tração no sentido da teia

De seguida, efetuou-se o tratamento estatístico dos resultados utilizando o teste de *Tukey*, com o objetivo de identificar as médias que possam ter influência estatística nos resultados, ou seja, que tomadas duas a duas, diferem significativamente entre si.

Os valores retirados da análise deste teste são comprovados na representação gráfica (Figura 30), pela comparação das diferenças entre as médias obtidas pela realização dos vários tratamentos, juntamente com os respetivos intervalos de confiança, para o nível de significância definido, $\alpha = 0,05$. As diferenças de médias dos pares de tratamento são consideradas significativas quando o intervalo de confiança não inclui o valor 0 e não significativas quando o valor 0 está presente no intervalo.

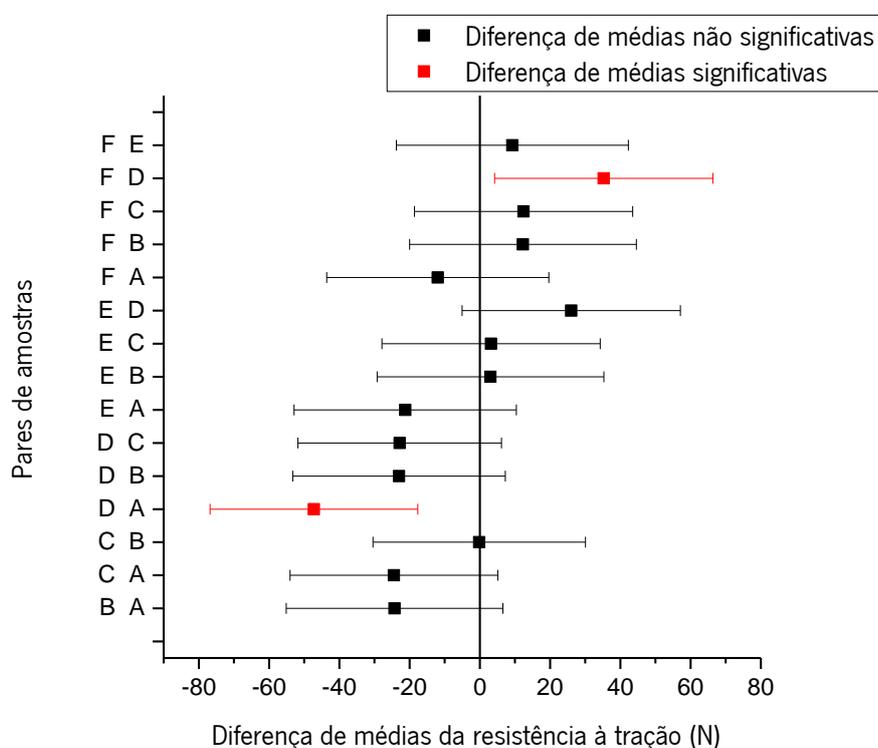


Figura 30: Comparação das diferenças das médias da variação da resistência à tração no sentido da teia

Da análise dos resultados obtidos pela realização do teste de *Tukey*, pode-se concluir que quase todos os pares apresentam resultados médios não significativos entre si, apenas os pares DA e FD apresentam valores significativamente diferentes.

Os resultados obtidos nas diferentes condições estão identificados com as letras de A a F como indicados na Tabela 8, onde também se encontram os valores médios, desvio padrão e o coeficiente de variação, do alongamento à teia.

Tabela 8: Alongamento (%) das amostras original e tratadas no sentido da teia

% de Alongamento à teia						
Substrato não tratado	x					
Substrato tratado		x	x	x	x	x
Sem estabilizador		x				
<i>Ruco-Flow ALL</i>			x			
<i>Toxal 17N</i>				x		
<i>Toxal H₂O₂</i>					x	
<i>Toxesperse</i>						x
Ensaio	Amostras					
	A	B	C	D	E	F
Número de ensaios	12	11	10	12	11	12
Média	13,013	19,356	19,319	19,254	19,487	19,323
Desvio padrão	0,578	0,79	0,992	0,903	0,993	0,861
Coeficiente de variação (%)	4,445	4,025	5,134	4,692	5,096	4,458

Na Figura 31 encontram-se graficamente representados os valores médios dos resultados obtidos no alongamento no sentido da teia.

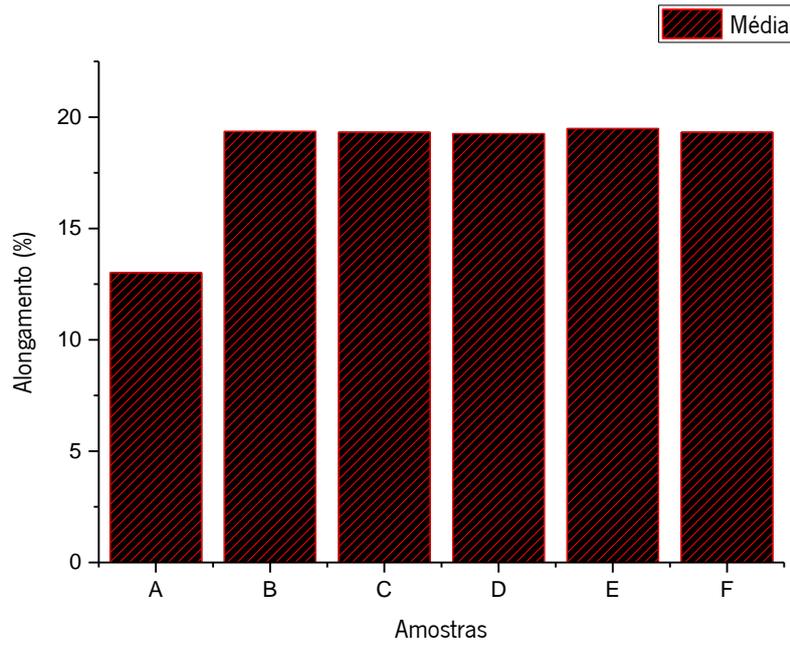


Figura 31: Valores médios do alongamento no sentido da teia

Na *boxplot* representada na Figura 32, encontram-se ilustrados o valor médio, máximo, mínimo, mediana, primeiro quartil e terceiro quartil dos resultados obtidos na determinação do ângulo de contacto. No mesmo gráfico, encontra-se representada a avaliação da dispersão dos resultados obtidos para cada um dos ensaios realizados.

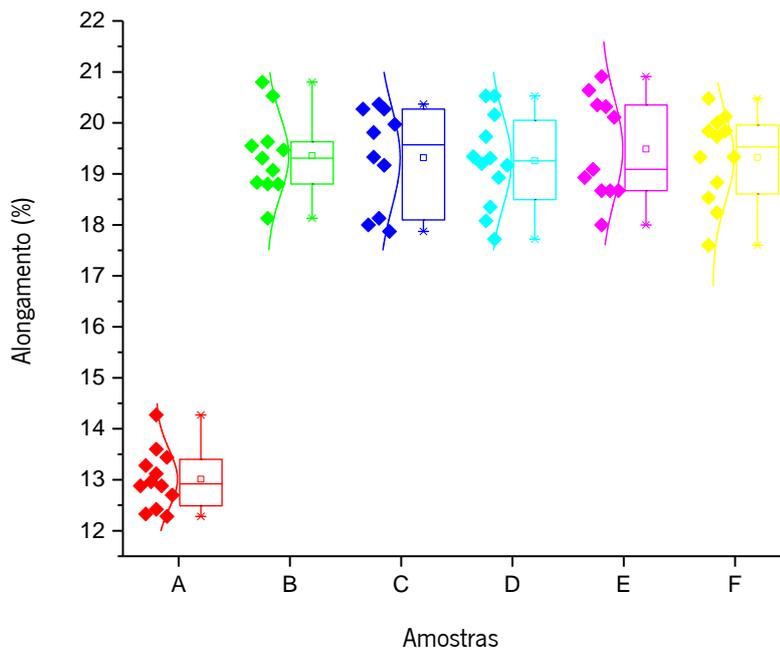


Figura 32: Boxplot dos valores médios do alongamento no sentido da teia

De seguida, efetuou-se o tratamento estatístico dos resultados utilizando o teste de *Tukey*, com o objetivo de identificar as médias que possam ter influência estatística nos resultados, ou seja, que tomadas duas a duas, diferem significativamente entre si.

Os valores retirados da análise deste teste são comprovados na representação gráfica (Figura 33), pela comparação das diferenças entre as médias obtidas pela realização dos vários tratamentos, juntamente com os respetivos intervalos de confiança, para o nível de significância definido, $\alpha = 0,05$. As diferenças de médias dos pares de tratamento são consideradas significativas quando o intervalo de confiança não inclui o valor 0 e não significativas quando o valor 0 está presente no intervalo.

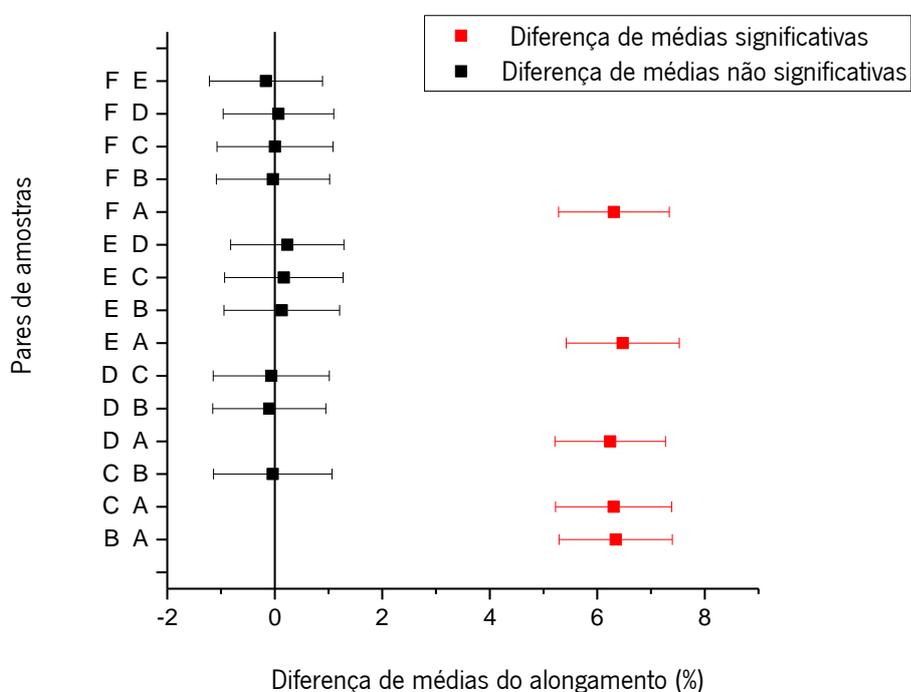


Figura 33: Comparação das médias da variação do alongamento no sentido da teia

Pela análise dos resultados obtidos pela realização do teste de *Tukey*, pode-se concluir que os pares BA, CA, CB, DA, EA e FA apresentam resultados médios significativamente diferentes entre si, enquanto que os pares CB, DB, DC, EB, EC, ED, FB, FC, FD e FE apresentam o valor 0 no seu intervalo, logo não são significativamente diferentes.

Perante a análise dos resultados obtidos não podemos tirar conclusões, visto que a maioria dos pares não apresenta valores estatisticamente significativos. Apenas pode-se afirmar

que a presença de estabilizadores não provoca nenhum efeito significativo na força de rutura e alongamento no sentido da teia.

No que diz respeito ao sentido da trama, os resultados obtidos nas diferentes condições estão identificados com as letras de A a F como indicados na Tabela 9, onde também se encontram registados os valores médios, desvio padrão e o coeficiente de variação, da força de rutura.

Tabela 9: Resistência à tração (N) das amostras original e tratadas no sentido da trama

Força de rutura à trama						
Substrato não tratado	x					
Substrato tratado		x	x	x	x	x
Sem estabilizador		x				
<i>Ruco-Flow AIL</i>			x			
<i>Toxal 17N</i>				x		
<i>Toxal H₂O₂</i>					x	
<i>Toxesperse</i>						x
Ensaio	Amostras					
	A	B	C	D	E	F
Número de ensaios	11	9	9	8	8	9
Média	426,473	327,089	461,889	372,7	457,5	401,456
Desvio padrão	19,584	19,191	28,511	23,552	26,487	21,963
Coeficiente de variação (%)	4,592	5,867	6,173	6,319	5,7895	5,471

Na Figura 34 encontram-se graficamente representados os valores médios dos resultados obtidos na força de rutura no sentido da trama.

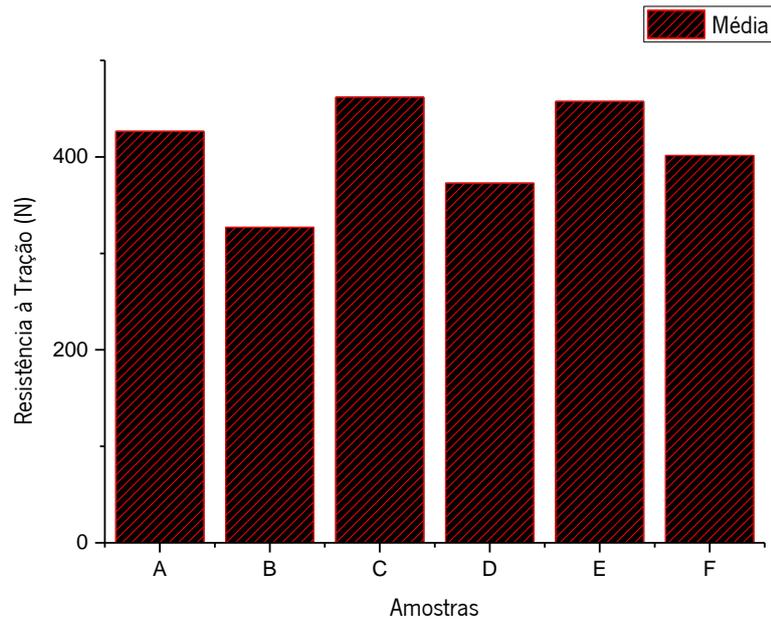


Figura 34: Valores médios da resistência à tração no sentido da trama

Na *boxplot* representada na Figura 35, encontram-se evidenciados o valor médio, máximo, mínimo, mediana, primeiro quartil e terceiro quartil dos resultados obtidos na determinação da resistência à tração no sentido da trama. No mesmo gráfico, encontra-se representada a avaliação da dispersão dos resultados obtidos para cada um dos ensaios realizados.

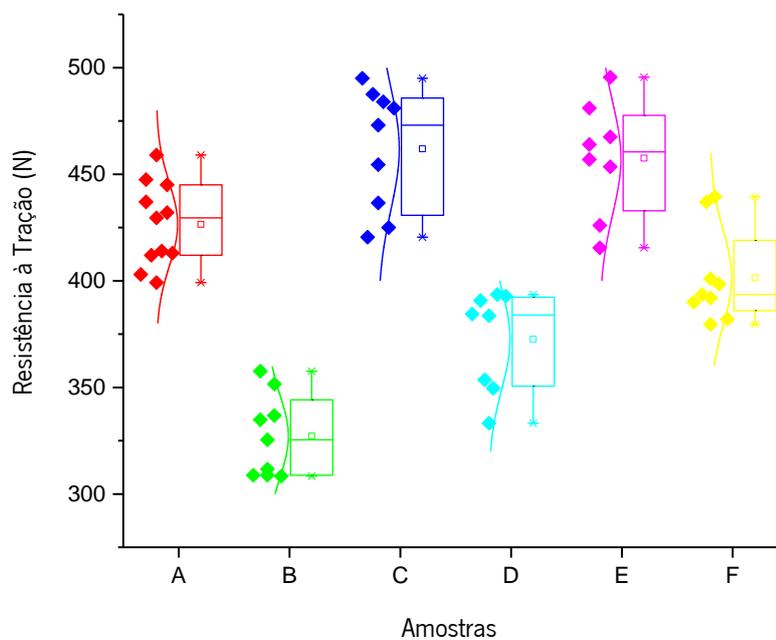


Figura 35: Boxplot dos valores médios da resistência à tração no sentido da trama

De seguida, efetuou-se o tratamento estatístico dos resultados usando o teste de *Tukey*, com o objetivo de identificar as médias que possam ter influência estatística nos resultados, ou seja, que tomadas duas a duas, diferem significativamente entre si.

Os valores retirados da análise deste teste são comprovados na representação gráfica (Figura 36), pela comparação das diferenças entre as médias obtidas pela realização dos vários tratamentos, juntamente com os respetivos intervalos de confiança, para o nível de significância definido, $\alpha = 0,05$. As diferenças de médias dos pares de tratamento são consideradas significativas quando o intervalo de confiança não inclui o valor 0 e não significativas quando o valor 0 está presente no intervalo.

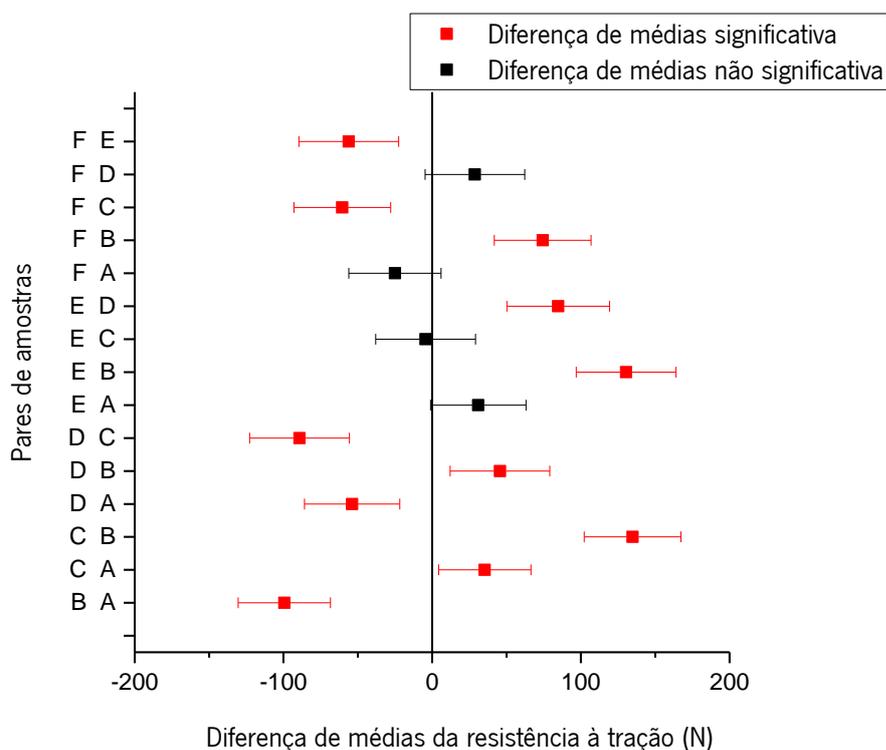


Figura 36: Comparação das médias da variação da resistência à atração no sentido da trama

Pela análise dos resultados obtidos pela realização do teste de *Tukey*, pode-se concluir que os pares BA, CA, CB, DA, DB, DC, EB, ED, FB, FC e FE apresentam resultados médios significativamente diferentes entre si, enquanto que os pares EA, EC, FA e FD apresentam o valor 0 no seu intervalo, logo não são significativamente diferentes.

Os resultados obtidos nas diferentes condições estão identificados com as letras de A a F como indicados na Tabela 10, onde também se encontram os valores médios, desvio padrão e o coeficiente de variação, do alongamento à trama.

Tabela 10: Alongamento (%) das amostras original e tratadas no sentido da trama

% de Alongamento à trama						
Substrato não tratado	x					
Substrato tratado		x	x	x	x	x
Sem estabilizador		x				
<i>Ruco-Flow AIL</i>			x			
<i>Toxal 17N</i>				x		
<i>Toxal H₂O₂</i>					x	
<i>Toxesperse</i>						x
Ensaio	Amostras					
	A	B	C	D	E	F
Número de ensaios	11	10	11	12	10	10
Média	13,673	16,16	20,199	20,97	19,714	19,117
Desvio padrão	0,666	1,017	0,907	1,177	1,0695	0,961
Coeficiente de variação (%)	4,871	6,291	4,491	5,612	5,425	5,028

Na Figura 37 encontram-se graficamente representados os valores médios dos resultados obtidos no alongamento no sentido da trama.

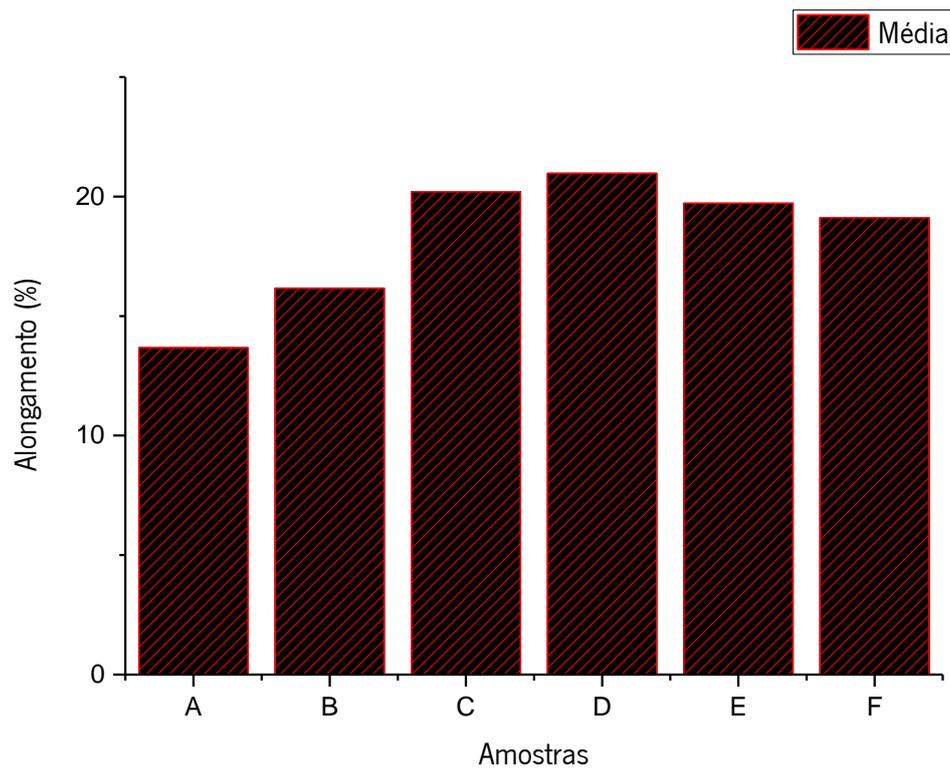


Figura 37: Valores médios do alongamento no sentido da trama

Na *boxplot* representada na Figura 38, encontram-se evidenciados o valor médio, máximo, mínimo, mediana, primeiro quartil e terceiro quartil dos resultados obtidos na determinação do alongamento no sentido da trama. No mesmo gráfico, encontra-se representada a avaliação da dispersão dos resultados obtidos para cada um dos ensaios realizados.

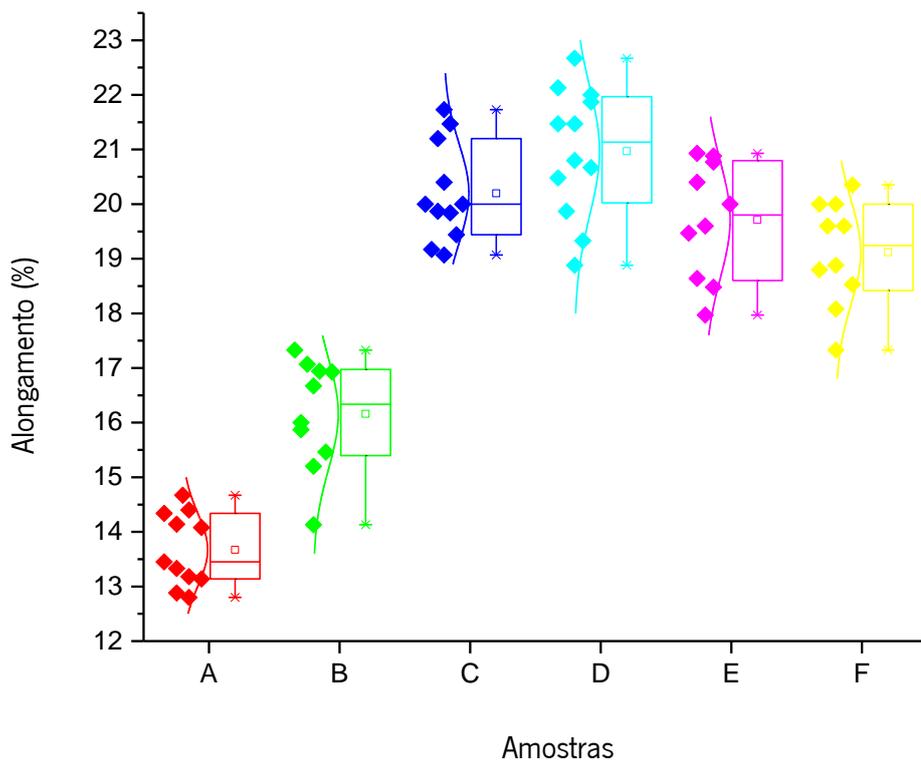


Figura 38: Boxplot dos valores médios do alongamento no sentido da trama

De seguida, efetuou-se o tratamento estatístico dos resultados utilizando o teste de *Tukey*, com o objetivo de identificar as médias que possam ter influência estatística nos resultados, ou seja, que tomadas duas a duas, diferem significativamente entre si.

Os valores retirados da análise deste teste são comprovados na representação gráfica (Figura 39), pela comparação das diferenças entre as médias obtidas pela realização dos vários tratamentos, juntamente com os respetivos intervalos de confiança, para o nível de significância definido, $\alpha = 0,05$. As diferenças de médias dos pares de tratamento são consideradas significativas quando o intervalo de confiança não inclui o valor 0 e não significativas quando o valor 0 está presente no intervalo.

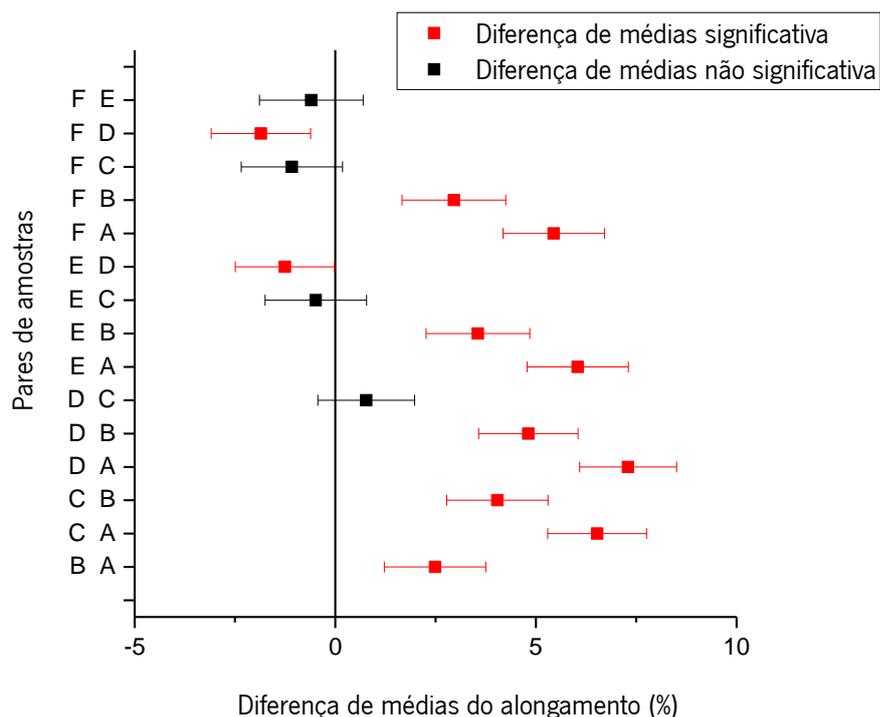


Figura 39: Comparação das médias da variação do alongamento no sentido da trama

Pela análise dos resultados obtidos pela realização do teste de *Tukey*, pode-se concluir que os pares BA, CA, CB, DA, DB, EA, EB, ED, FA, FB e FD apresentam resultados médios significativamente diferentes entre si, enquanto que os pares DC, EC, FC e FE apresentam o valor 0 no seu intervalo, logo não são significativamente diferentes.

Pela análise dos resultados obtidos pode-se concluir que o uso de estabilizador melhora a resistência do tecido no sentido da trama. O aumento da resistência ao rasgo deve-se ao facto de o estabilizador controlar com mais eficácia a decomposição do peróxido de hidrogénio residual no processo de branqueamento, levando a uma menor degradação da fibra. A perda de resistência faz com que a fibra rompa com valores de tensão mais baixas, tornando o substrato mais rígido e menos elástico, apresentando assim valores inferiores de alongamento.

Após a observar os resultados em ambos os sentidos podemos concluir que o *Toxal 17N* é o estabilizador que apresenta os piores valores de resistência, não sendo assim o ideal para alcançar os objetivos pretendidos. Poder-se-á também concluir que, os estabilizadores, *Ruco-Flow AIL* e o *Toxal H₂O₂* são os mais eficazes no que diz respeito à resistência à tração no sentido da trama.

A diminuição da degradação leva com que a fibra suporte mais tensão, levando com que esta aumente a sua capacidade de alongar antes de romper.

Em comparação dos valores obtidos no sentido da teia e da trama pode-se acrescentar ainda que o fio da teia é mais resistente do que o fio da trama. A superior resistência do fio da teia deve-se à torção desta, pois enquanto esta apresenta torção, o fio da trama não possui.

4.3.3 Avaliação do ângulo de contacto

O comportamento estático do ângulo de contacto de uma gota de água destilada sobre a superfície das amostras de algodão originais e das branqueadas são evidenciados na Figura 40.

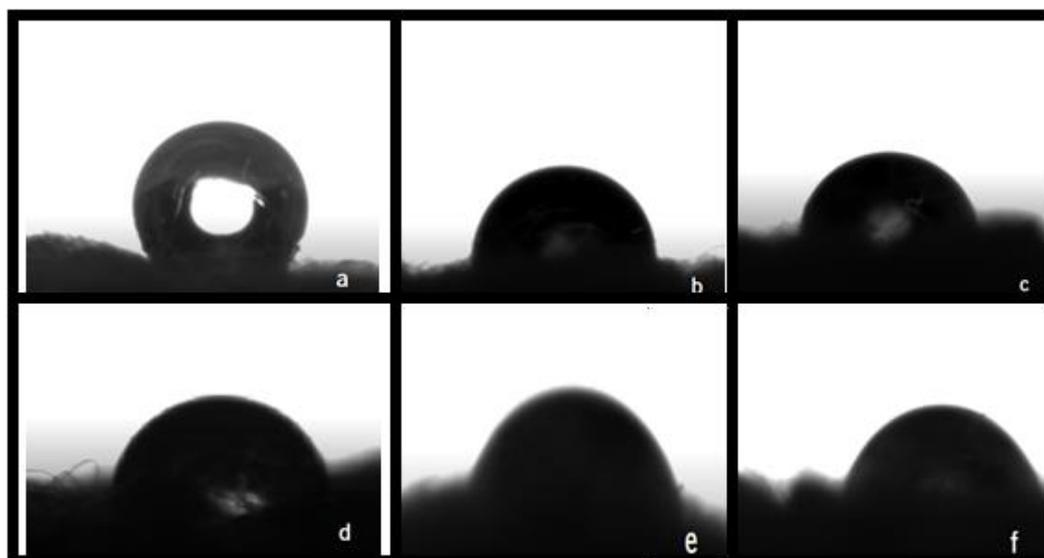


Figura 40: Ângulos de contacto (θ) de uma gota de água sobre uma superfície de algodão não tratado (a); amostra de algodão branqueado sem estabilizador (b); amostra de algodão branqueado com *Ruco Flow AIL* (c); amostra de algodão branqueado com *Toxal 17N* (d); amostra de algodão branqueado com *Toxal H₂O₂* (e); amostra de algodão branqueado com *Toxesperse Roll* (f).

Quando se adiciona uma gota de água destilada sobre a superfície do algodão original, observa-se que, esta tem dificuldades em penetrar na fibra dado ao facto de esta fibra ainda apresentar ceras e gorduras (Figura 40 a). Da análise da figura 40, pode-se ainda constatar que, quando branqueada, as amostras tornam-se mais hidrofílicas.

As tabelas que se seguem evidenciam os valores médios obtidos para o ângulo de contacto das amostras de algodão sem tratamento e branqueadas com as condições referidas no ponto 3.4.1.

Os resultados obtidos nas diferentes condições estão identificados com as letras de A a F como indicados na Tabela 11, onde também estão registados os valores médios, desvio padrão e o coeficiente de variação.

Tabela 11: Ângulo de contacto

Tratamentos iniciais						
Substrato não tratado	x					
Substrato tratado		x	x	x	x	x
Sem estabilizador		x				
<i>Ruco-Flow ALL</i>			x			
<i>Toxal 17N</i>				x		
<i>Toxal H₂O₂</i>					x	
<i>Toxesperse Roll</i>						x
Ensaio	Amostras					
	A	B	C	D	E	F
Número de ensaios	11	16	13	16	15	12
Média	107,4	81,569	78,915	71,188	71,487	59,392
Desvio padrão	6,162	3,464	6,032	5,229	6,495	5,378
Coeficiente de variação (%)	5,737	4,247	7,643	7,346	9,086	9,055

Na Figura 41 encontram-se graficamente representados os valores médios dos resultados obtidos no ângulo de contacto.

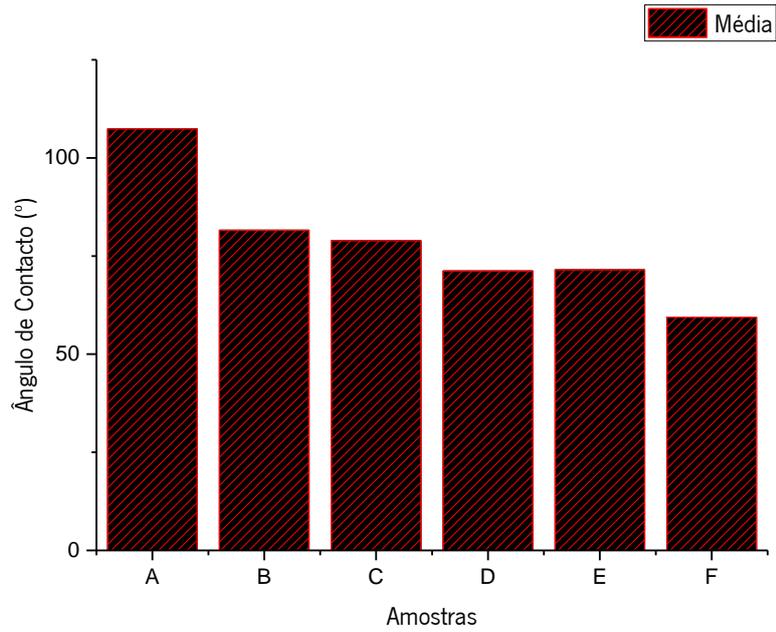


Figura 41: Valores médios do ângulo de contacto

Na *boxplot* representada na Figura 42, encontram-se evidenciados o valor médio, máximo, mínimo, mediana, primeiro quartil e terceiro quartil dos resultados obtidos na determinação do ângulo de contacto. No mesmo gráfico, encontra-se representada a avaliação da dispersão dos resultados obtidos para cada um dos ensaios efetuados.

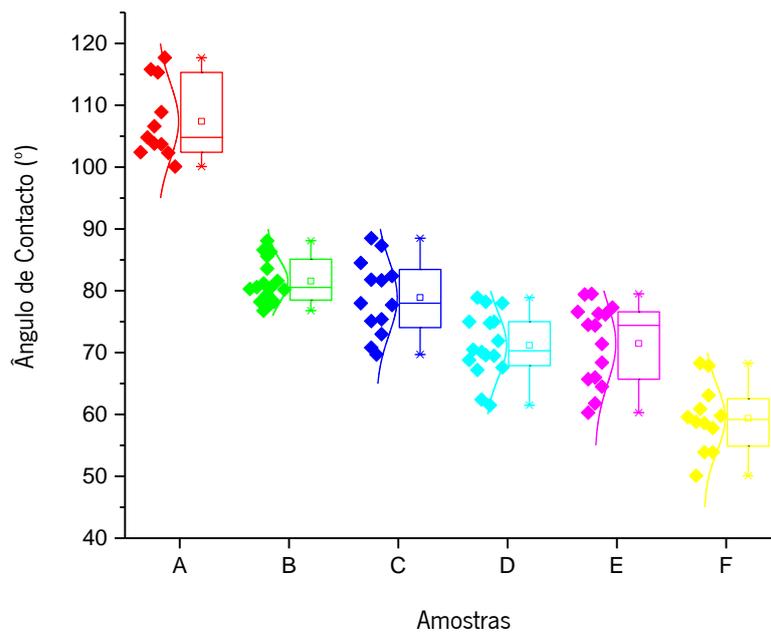


Figura 42: Boxplot dos valores médios do ângulo de contacto

De seguida, efetuou-se o tratamento estatístico dos resultados utilizando o teste de *Tukey*, com o objetivo de identificar as médias que possam ter influência estatística nos resultados, ou seja, que tomadas duas a duas, diferem significativamente entre si.

Os valores retirados da análise deste teste são comprovados na representação gráfica (Figura 43), pela comparação das diferenças entre as médias obtidas pela realização dos vários tratamentos, juntamente com os respetivos intervalos de confiança, para o nível de significância definido, $\alpha = 0,05$. As diferenças de médias dos pares de tratamento são consideradas significativas quando o intervalo de confiança não inclui o valor 0 e não significativas quando o valor 0 está presente no intervalo.

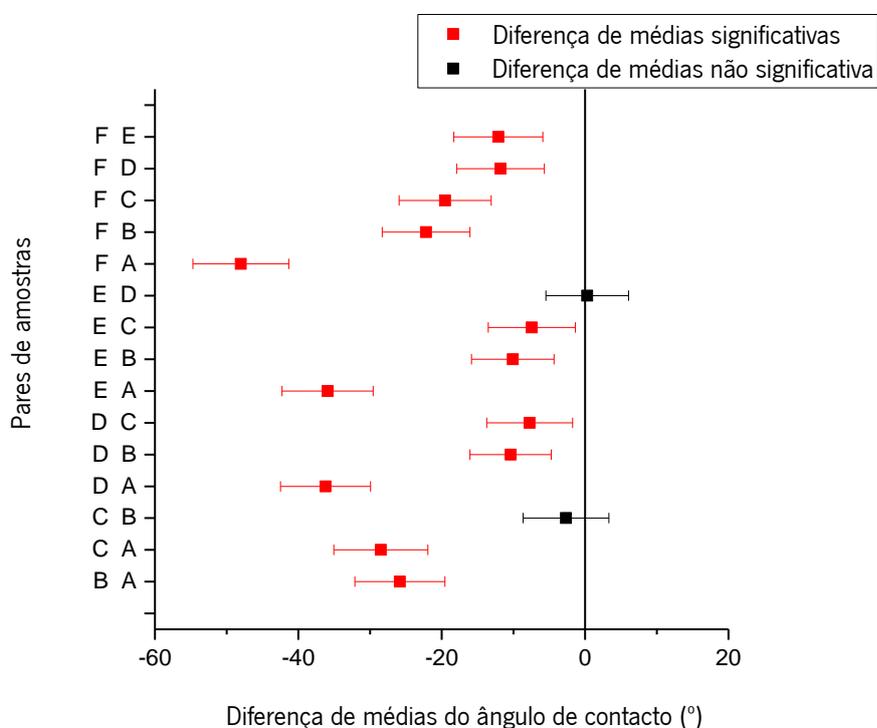


Figura 43: Comparação das médias da variação do ângulo de contacto

Da análise dos resultados obtidos pela realização do teste de *Tukey*, pode-se inferir que os pares BA, CA, DA, DB, DC, EA, EB, EC, FA, FB, FC, FD e FE apresentam resultados médios significativamente diferentes entre si, enquanto que os pares CB e ED apresentam o valor 0 no seu intervalo, logo não são significativamente diferentes.

Os valores obtidos são mais elevados do que seria expectável, no entanto esse facto deve-se a um erro comum em todas as amostras, pois a superfície têxtil não é uniforme. Mas visto que é um erro comum a todos os ensaios, pode-se tirar conclusões devido à sua diferença estatística

ser significativa. O uso de estabilizadores no branqueamento do felpo aumenta a hidrofiliidade do tecido de algodão. Os resultados obtidos através da técnica do ângulo de contacto permitem concluir que o *Toxesperse Roll* é mais eficaz do que os restantes estabilizadores estudados. Este estabilizador com base de silicatos apresenta amostras mais hidrófilas (59°), enquanto que o tecido em cru apresenta um comportamento hidrofóbico (107°). A diferença elevada do valor médio do ângulo de contacto obtido para este estabilizador em relação aos demais, deve-se às propriedades de detergência que este pode possuir.

5 Conclusões finais e perspectivas futuras

Da análise de todos os resultados obtidos, pode-se concluir que globalmente foram atingidos os objetivos inicialmente propostos, que consistiam em avaliar a influência dos diferentes estabilizadores através da medição do grau de branco, hidrofiliidade e as alterações das propriedades mecânicas. Outros objetivos deste trabalho consistiram em estudar as diferentes reações químicas que ocorrem durante o processo de branqueamento, determinar a velocidade da decomposição do peróxido de hidrogénio ao longo do branqueamento.

Pretendeu-se também com este trabalho identificar qual o melhor estabilizador para as condições exigidas pela empresa bem como um que permita uma melhor catálise para a neutralização.

A incorporação de diferentes estabilizadores no processo de branqueamento, cujo agente branqueador é o peróxido de hidrogénio, num tecido de felpo (100% algodão) foi conseguido com resultados positivos.

De uma maneira global pode concluir-se que as melhores condições para a realização do tratamento prévio, o branqueamento, consiste na utilização do estabilizador *Toxesperse Roll*.

Os resultados obtidos nos ensaios pela norma AATCC *Test Method* 102-2002 permitiram concluir que no que concerne à retardação da degradação do peróxido de hidrogénio, o *Toxesperse Roll* retarda a degradação do agente branqueador. Em relação à hidrofiliidade o estabilizador *Toxesperse Roll* é o que revela ser mais eficaz, tornando o felpo mais hidrófilo (59°) em relação ao estabilizador usado na empresa, o *Ruco-Flow AIL* (78,9°), tal como os restantes estudados o *Toxal H₂O₂* (71,5°) e o *Toxal 17N* (71,19°). Quanto ao grau de branco, observou-se que o substrato branqueado com *Toxesperse Roll* apresenta um valor de 65.54 na escala de *Berger*, tal como o *Ruco-Flow AIL* (65,89), enquanto que os estabilizadores *Toxal H₂O₂* (64,09) e o *Toxal 17N* (64.07) apresentam valores inferiores.

No que diz respeito às propriedades mecânicas pode-se dizer que a resistência à tração no sentido da trama aumenta com o uso do *Toxesperse Roll* (401,5 N) apesar de não ser o estabilizador mais eficaz. O estabilizador usado pela empresa, o *Ruco-Flow AIL* (461,89N) e o *Toxal/H₂O₂* (457,5N) apresentam maior eficácia, enquanto que o *Toxal 17N* (372,7N) é o estabilizador menos eficaz. Em relação ao alongamento pode-se concluir que o uso de estabilizador

melhora esta propriedade, apesar de não ser o mais eficaz, tal como na resistência à tração, apresentando o *Toxespense Roll* um alongamento de 19,1% enquanto que no estabilizador *Ruco-Flow All* existe um alongamento de 20,20%, o *Toxal H₂O₂* (19,71%) e o *Toxal 17N* (20,97%).

Globalmente pode-se concluir que, o *Toxespense Roll* pode ser uma alternativa ao uso do *Ruco-Flow All* uma vez que aos 60 minutos de branqueamento este estabilizador se mostra dos mais eficazes na diminuição da velocidade de decomposição do peróxido de hidrogénio. Por outro lado, o *Toxespense Roll* proporciona uma maior hidrofiliidade ao algodão durante o processo de branqueamento. Em relação ao grau de branco também proporciona um valor idêntico ao evidenciado pelo *Ruco-Flow All*. No que diz respeito às propriedades mecânicas, apesar de o *Ruco-Flow All* apresentar forças de rutura superiores no sentido da trama, o estabilizador proporciona ao algodão uma resistência aceitável após o branqueamento.

Embora os objetivos propostos neste trabalho tenham sido alcançados em termos globais, esperou-se conseguir resultados mais eficazes no que se refere às propriedades mecânicas, visto que não foi possível avaliar a resistência mecânica no sentido da teia. Seria importante estudar com mais detalhe esta propriedade.

Outro aspeto fundamental diz respeito ao efeito da concentração dos estabilizadores na decomposição do peróxido de hidrogénio, no grau de branco do algodão, nas propriedades mecânicas.

Um aspeto também muito importante a explorar, seria estudar o efeito de outros estabilizadores, por exemplo, compostos complexantes biodegradáveis, na decomposição do peróxido de hidrogénio, no grau de branco, propriedades mecânicas. O estudo da eficácia de novos ativadores também seria interessante explorar no processo de branqueamento.

Bibliografia

- Abdel-Halim, E., 2012. An effective redox system for bleaching cotton cellulose. *Carbohydrate Polymers*, Volume 90, pp. 316-321.
- Abdel-Halim, E., 2012. Simple and economic bleaching process for cotton fabric. *Carbohydrate Polymers*, Volume 88, pp. 1233-1238.
- Abdel-Halim, E., 2013. Amine salts-activated systems for one-step bleaching of cotton fabrics. *Carbohydrate Polymers*, Volume 96, pp. 64-70.
- Abdel-Halim, E. & Al-Deyab, S. S., 2011. Low temperature bleaching of cotton cellulose using peracetic acid. *Carbohydrate Polymers*, Volume 86, pp. 988-994.
- Bhusham, B., 2012. Biomimetics Bioinspired Hierarchical-Strutted Surface for Green Science and Technology. Em: 3 ed. Berlim: Springer, pp. 289-325.
- Carr, C. M., 1995. Chemistry of the textiles industry. Em: 1° ed. Glasgow: Blackie Academic and professional, pp. 210-247.
- Chang, R., 1994. Química. Em: 5ª ed. Lisboa: McGraw-Hill, pp. 570-581.
- Cook, G., 1984. Handbook of textile fibres. Em: 1° ed. England: Woodhead Publishing, pp. 521-666.
- Farooq, A. et al., 2013. Comparative performance evaluation of conventional bleaching and enzymatic bleaching with glucose oxidase on knitted cotton fabric. *Journal of cleaner Production*, Volume 24, pp. 6517-6756.
- He, H. et al., 2014. Research on the bleaching process of the non-silicon oxygen bleaching stabilizer. *Applied Mechanics and materials*, Volume 28, pp. 2-5.
- Junior, W. E. F., 2008. Carbohidratos: Estrutura, Propriedades e Funções. Volume 29, pp. 8-13.
- Karmakar, S., 1999. Chemical Technology in the pre-treatment processes of textiles. Em: 1° ed. U.S.A.: s.n., pp. 160-216.
- Khan, A. F., 2014. The effect of environmentally friendly complexing agents used as stabilizers for hydrogen peroxide in the bleaching bath of cotton fabric. *American-Eurasian J.Agric & Environ Sci*, Volume 14, pp. 246-254.

- Liu, K., Zhang, X. & Yan, K., 2017. Low-temperature bleaching of cotton knitting fabric with H₂O₂/PAG system. *Cellulose*, Volume 188, pp. 221-227.
- Liu, K., Zhang, X. & Yan, K., 2018. Bleaching of cotton fabric with tetraacetyhydrazine as bleach activator for H₂O₂. *Carbohydrate Polymers*, Volume 11, pp. 2784-2796.
- Long, X., Xu, C., Du, J. & Fu, S., 2013. The TAED/H₂O₂/NAHCO₃ system as an approach to low-temperature and near-neutral pH bleaching of cotton. *Carbohydrate Polymers*, Volume 95, pp. 107-113.
- Mather, R. R. & Wardman, H., 2015. The chemistry of textile fibres. Em: 2° ed. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, pp. 202-340.
- Mistik, S. I. & Yukseloglu, S. M., 2005. Hydrogen peroxide bleaching of cotton in ultrasonic energy. *Ultrasonics*, Volume 21, pp. 1535-1543.
- Morton, W. & Hearle, J., 2008. Physical properties of textile fibers. Em: 4° ed. Cambridge, England: Woodhead Publishing limited, pp. 36-42.
- Olson, E., 1983. Textile Wet Processes. Em: New Jersey, USA: Noyes Pub., pp. 130-133.
- Ru, J. & Qian, X., 2015. Hydrogen peroxide bleaching of cotton fibers with cationic liposomes as novel stabilizer. *Fibers and polymers*, Volume 16, pp. 2409-2415.
- Shore, J., 1995. Cellulosics Dyeing. Em: Manchester: Society by Dyers and Colourists, pp. 418-421.
- Tiki, A., Amin, A. & Kanwal, A., 2010. Chemistry of optical brighteners and uses in textile industries. *Practical Hints*, Volume 10, pp. 42-43.
- Vigo, T. I., 1994. Textile Processing and properties. Em: 1° ed. U.S.A.: Elsevier, pp. 307-351.
- Wakelyn, P. et al., 2007. Handbook of fiber chemistry. Em: 3° ed. USA: menachem lewin, pp. 518-656.
- Xu, C., Hinks, D. & Shamey, R., 2011. Development of a novel bleaching process for cotton. *Aatcc review*, Volume 92, pp. 249-253.

- Xu, C., Hinks, D., Sun, C. & Wei, Q., 2015. Establishment of an activated peroxide system for low-temperature cotton bleaching using N-[4-(triethylammoniomethyl)benzoyl]butyrolactam chloride. *Carbohydrate Polymers*, Volume 6, pp. 8599-8603.
- Yu, D., Wu, M., Lin, J. & Zhu, J., 2018. Economical Low-Temperature Bleaching of Cotton Fabric Using an Activated peroxide System Coupling Cupric Ions with Bicarbonate. *Fibers and Polymers*, Volume 19, pp. 1898-1907.
- Zubair, A., Khan, A. F. & Nasir, M. I., 2013. Evaluating the effect of metals and the stabilization of peroxide bleaching by aminopolycarboxylates. *African Journal of science and research*, Volume 2, pp. 265-272.

Anexos:

Anexo 1 – Equações utilizadas no estudo estatístico

Equação 10: Equação do cálculo da média

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Equação 11: Equação do cálculo de desvio-padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Equação 12: Equação do cálculo do coeficiente de variação

$$C.V. (\%) = \frac{s}{\bar{x}} * 100$$

CARACTERÍSTICAS:

Composição: Óleo vegetal, etoxilato de ácido gordo e ácido sílico não iônicos

Aparência: Emulsão branca

Poder Emulsificante: Emulsificante em água fria ou quente (até 40 ° C)

PROPRIEDADES:

- Excelente ação anti espuma
- Adequado para jatos
- Adequado para pastas de impressão
- Aplicável em praticamente todos os processos de pré-tratamento ou tingimento
- Resistente a ácidos abaixo do pH 2
- Resistente a álcalis até pH 11 (frio até pH 14)
- Resistente a HT
- Pode ser emulsionado com frio, de preferência com água morna (até 40 ° C)
- Excelente biodegradabilidade
- Sem silicone

APLICAÇÃO:

- Anti espuma sem silicone para processos húmidos têxteis, especialmente para máquinas de tingir com altas turbulências de banho, bem como para anti espumas, espessantes de impressão naturais ou sintéticos.
- O Rustol ACA é usado na pré-tratamento e evita a formação de espuma causada por surfactantes adicionados ou transportados com o tecido.

Aplicação em tingimentos:

O RUSTOL ACA pode ser usado em todos os tipos de máquinas de tingir a jato ou *package dyeing machines*. O bom efeito de *deaerating* do produto remove bolsas de ar e destrói as bolhas de espuma existentes, mesmo em materiais bem compactados.

Como orientação, recomendamos aplicar 0.5 – 1.0g/L de RUSTOL ACA.

No entanto, a quantidade aplicada depende do tipo de máquina, do tecido a ser tratado, bem como do tipo e quantidade do que causa a espuma. Adicione Rustol ACA diluído ao banho de aplicação. Em combinação com certos corantes dispersos, podem formar-se aglomerados. Portanto, recomendamos testar a compatibilidade antes de tingir.

Aplicação na estamperia:

O RUSTOL ACA é usado como anti espuma para espessantes de estamperia sintéticos ou naturais, trabalhando com 4.0 - 8.0g de RUSTOL ACA por kg de pasta de estampar.

Dilua o RUSTOL ACA com água na proporção de 1: 1 e adicione-o à pasta de impressão enquanto mexe.

ARMAZENAMENTO:

O produto é sensível ao gelo e não deve ser armazenado em temperaturas abaixo de 0°C, são possíveis danos irreparáveis. Em caso de suspeita de danos causados pelo gelo, a usabilidade do produto deve ser verificada antes do processamento.

Se armazenado acima de 40°C, o produto pode separar ou sedimentar. Após o arrefecimento a 20°C - 25°C a mistura fica completa, o produto pode ser usado novamente sem problemas.

O produto pode mudar após repouso prolongado (por exemplo, de cremes, sedimentos separados), mexa bem antes de usar.

Para evitar perda de qualidade, é necessário fechar sempre os tambores após o uso.

ATENÇÃO:

As recomendações acima são baseadas em estudos abrangentes e na experiência feita em acabamento prático. No entanto, eles não são responsáveis por direitos de propriedade de terceiros e leis estrangeiras. O usuário deve testar por si próprio se o produto e o aplicativo são adequados para fins muito especiais.

Não somos, acima de tudo, responsáveis por campos e métodos de aplicação que não foram estabelecidos por nós por escrito.

Conselhos sobre regulamentos de marcação e medidas de proteção podem ser obtidos na respetiva ficha de dados de segurança.

Rudolf GmbH

Altwaterstr. 58 – 64

82538 Geretsried / GERMANY

Telefon +49 8171 / 53 – 0 Telefax +49 8171 / 53 – 191 E.Mail spartensekretariat@rudolf.de Website www.rudolf.de

Toxal 17 N é um inibidor de precipitação, evitando a precipitação de sais alcalinoterrosos de baixa solubilidade. Estabilizador de peróxido de hidrogénio.

CARACTERÍSTICAS:

Composição: Sal heptassódico de dietilenotriamina pentametileno ácido fosfónico

Aspeto: líquido límpido, amarelo/âmbar

pH (10g/L): 7.00 ± 1.00

Densidade: 1.30 ± 0.05

Ionicidade: Aniónico

PROPRIEDADES:

- O Toxal 17 N é um notável inibidor de precipitação, evitando a precipitação de sais alcalino-terrosos de baixa solubilidade, mesmo usando quantidades subestequiométricas (efeito threshold).
- Graças ao seu poder complexante, o Toxal 17 N é um excelente estabilizador de peróxido de hidrogénio e possui propriedades de inibição da corrosão em aço puro.
- Adicionalmente, é de salientar o seu excelente poder de inibição da precipitação do sulfato de bário.

APLICAÇÃO:

- **Branqueio – Esgotamento**

1.5 g/l Toxal JET/SO

0.5-1 g/l Toxal 17N

3-4ml/l Água oxigenada 200 Vol.

2 ml/l Soda cáustica 50%

30 minutos a 100°C

- **Branqueio PAD-BATCH**

8-12 gr/L Toxal PEMFA

10-15 gr/L Toxal 17N

2 gr/L Toxome WET

2 gr/L Toxal B75

60 - 80 ml/L Água oxigenada 200 Vol.

40 - 55 ml/L Soda cáustica 50%

SEGURANÇA:

- Consultar Ficha de Segurança

A informação contida nesta literatura é baseada nos nossos conhecimentos atuais.

Contudo não assumimos qualquer responsabilidade pelo uso do produto sem o mesmo ser testado previamente nas vossas instalações de trabalho antes do seu uso industrial.

AQUITEX ACABAMENTOS QUÍMICOS TÊXTEIS, SA

Rua Augusto Simões, 1042

4425-626 Pedrouços

Tel: 351229069300 Fax: 351229069309 Email:dep.comercial@aquitex.pt www.aquitex.com

Ativador específico para o branqueio de fibras celulósicas ou suas misturas.

CARACTERÍSTICAS:

Aspeto: Líquido

pH (10 g/l): Aprox. pH 4.5

Densidade a 20°C: 1,0 g/ml a 20°C

PROPRIEDADES:

- Toxal B75 conserva as propriedades naturais do algodão evitando a remoção total das ceras, o que permite melhores coeficientes de atrito.
- Toxal B75 evita o uso de antivincos.
- Toxal B75 produz derivados do manganês o que permite branquear o algodão sem danificar a fibra.
- O uso de Toxal B75 permite uma economia de 15% nos custos de aquecimento, 10% de custos eléctricos, 20% no tempo de branqueio e um aumento de 20% de produtividade;
- Toxal B75 melhora o toque do artigo o que permite uma redução no amaciador;
- Toxal B75 melhora a igualização dos tingimentos;
- Toxal B75 diminui a perda de peso, aproximadamente 20 Kg/Ton.
- Toxal B75 reduz a formação de pilling.
- Toxal B75 é um produto amigo do ambiente.

APLICAÇÃO:

Esgotamento:

2 g/l Toxal SPE/B (Detergente/Molhante/Estabilizador)

1 g/l Toxal B75

3 ml/l Água oxigenada 200 Vol.

2.5 ml/l Soda cáustica 50%

35 minutos a 75°C

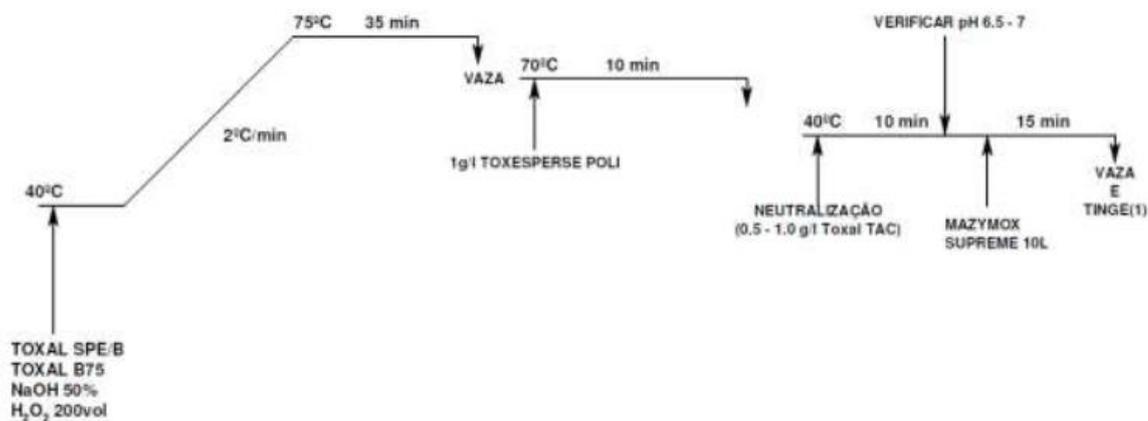


Figura 17: Esquema do processo de branqueio a frio

(1) – Pode ser utilizado o tingimento no mesmo banho

NOTA IMPORTANTE:

O tempo de tratamento a 75°C está indexado ao tempo usado pelo cliente no branqueio a 100°C. Ex.: Se fizerem 30 minutos a 100°C, o processo com Toxal B75 precisa de 35 minutos a 75°C se o processo for iniciado a 40/50°C e o tempo de subida a 75°C for de 2°C/min.

Se o processo iniciar a 70/75°C, então é aconselhável dar mais 10 minutos, a 75°C, em relação ao processo tradicional em utilização.

SEGURANÇA:

- Consultar Ficha de Segurança

A informação contida nesta literatura é baseada nos nossos conhecimentos actuais. Contudo não assumimos qualquer responsabilidade pelo uso do produto sem o mesmo ser testado previamente nas vossas instalações de trabalho antes do seu uso industrial.

AQUITEX ACABAMENTOS QUÍMICOS TÊXTEIS, SA

Rua Augusto Simões, 1042

4425-626 Pedrouços

Tel: 351229069300 Fax: 351229069309 Email: dep.comercial@aquitex.pt www.aquitex.com

Página 1 de 2

Estabilizador para o branqueio com água oxigenada em processos contínuos.

CARACTERÍSTICAS:

Composição: Solução alcalina de sais inorgânicos e sequestrantes orgânicos

Aspeto: Líquido amarelado

pH (10 g/l): Aprox. 11

Carácter Iónico: Aniónico

Densidade a 20°C: Aprox. 1.3

Dissolução: Facilmente solúvel em água em todas as proporções

Estabilidade: Estável em meios fortemente alcalinos

PROPRIEDADES:

- TOXESPERSE ROLL dado à sua elevada estabilidade aos alcalis e agentes oxidantes é recomendado como estabilizador da água oxigenada no branqueio com elevadas concentrações de soda cáustica e água oxigenada.
- Possui um efeito sequestrante de iões pesados, como, ferro e cobre evitando assim um efeito catalítico dos mesmos sobre a água oxigenada.
- Possui um efeito sequestrante de iões cálcio e magnésio.
- Recomendado para processos de branqueio em contínuo.
- Devido à sua composição e ao seu pH alcalino é recomendado para a preparação de Bambú, Lã, Lempur (fibra de lã) e fibras com elevada sensibilidade aos alcalis.

APLICAÇÃO:

Quantidades recomendadas

5 – 10 g/l TOXESPERSE ROLL

Receita branqueio:

5 – 7 g/l Toxal P-14/2

8 – 10 g/l Toxesperse ROLL

30 - 50 ml/l Água oxigenada 200 Vol.

10 -15 ml/l Soda cáustica 50%

Preparação de bambu:

1 g/l Toxal JET NEW

1 g/l Toxesperse ROLL

3 ml/l Água oxigenada 200 Vol.

30 minutos a 98°C

- a) Lavar a 50°C – 10 minutos
- b) Encher com água fria, adicionar 0.3 g/l Terminox Ultra 10L, deixar andar 10 minutos.
Corrigir pH 6.5-7 com 0.5 g/l – 1 g/l Toxal TAC e deixar andar 10 minutos.

Preparação lã:

2 g/l Toxal JET NEW

2 g/l Toxesperse ROLL

3 ml/l Água oxigenada 200 Vol.

30 minutos a 60°C

- a) Lavar a 50°C – 10 minutos
- b) Encher com água fria, adicionar 0.3 g/l Terminox Ultra 10L, deixar andar 10 minutos.
Corrigir pH (6.5-7) com 0.5 g/l – 1 g/l Toxal TAC e deixar andar 10 minutos.

SEGURANÇA:

- Consultar Ficha de Segurança.

Auxiliar combinado para branqueamento com peróxido de hidrogênio com componente inibidor de vinco em funcionamento.

CARACTERÍSTICAS:

Composição: preparação de surfactantes não iônicos e ácidos orgânicos

Aspeto: Líquido amarelo

Carácter Iónico: Aniónico

PROPRIEDADES:

- Boas propriedades inibidoras de vinco de corrida
- Facilmente solúvel em água fria ou morna
- Efeitos de preservação de fibras
- Garante altos efeitos de branqueamento
- Efeitos de suavização

APLICAÇÃO:

O RUCO- FLOW AIL é uma combinação auxiliar para o enxaguamento de peróxido que contém todos os componentes necessários, exceto o peróxido e a soda cáustica. os custos de manuseio e armazenamento são assim reduzidos, e a preparação do licor de alvejante é menos demorada.

O RUCO-FLOW AIL é usado em processos de branqueamento descontínuo e a frio.

Guia de receitas para processos de branqueamento comuns:

Branqueamento com peróxido descontinuo (whinch *beck, overflow, jet*):

2 – 4 ml/L RUCO-FLOW AIL

1 – 4 ml/L soda caustica (50%)

2 – 6 ml/L peróxido de hidrogénio (35%)

Entre a 30° - 40°C, aqueça até ferver, durante 30 - 60 minutos, lave com água quente e fria e neutralize.

Branqueamento a frio com peróxido de hidrogénio (*pad-batch*):

15 – 30 g/l RUCO-FLOW AIL

40 – 50 ml/L soda caustica (50%)

30 – 60 ml/l peróxido de hidrogénio (35%)

Tempo de reação: 16-24 horas. Lavar quente, depois frio e depois neutralizar.

ARMAZENAMENTO:

Se armazenar abaixo de 0°C ou acima de 40°C, o produto pode solidificar e / ou alterar sua consistência. Após aquecimento ou arrefecimento a 20°-25°C e mistura completa, o produto pode ser usado novamente sem problemas.

O produto pode mudar após repouso prolongado (por exemplo, forma de creme e sedimentos). Por favor, mexa bem antes de usar.

ATENÇÃO:

As recomendações acima são baseadas em estudos abrangentes e na experiência feita em acabamento prático. No entanto, eles não são responsáveis por direitos de propriedade de terceiros e leis estrangeiras. O usuário deve testar por si próprio se o produto e o aplicativo são adequados para fins muito especiais.

Não somos, acima de tudo, responsáveis por campos e métodos de aplicação que não foram estabelecidos por nós por escrito.

Conselhos sobre regulamentos de marcação e medidas de proteção podem ser obtidos na respetiva ficha de dados de segurança.

Rudolf GmbH

Altvaterstr. 58 – 64

82538 Geretsried / GERMANY

Telefon +49 8171 / 53 – 0 Telefax +49 8171 / 53 – 191 E.Mail spartensekretariat@rudolf.de Website www.rudolf.de