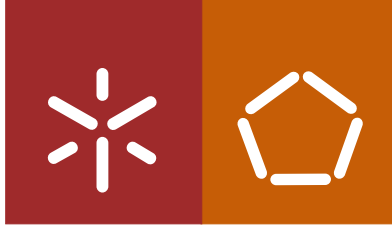


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ana Luísa Bobião Costa

**Avaliação de Amaciadores para Uso na
Indústria Têxtil**



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ana Luísa Bobião Costa

Avaliação de Amaciadores para Uso na Indústria Têxtil

Dissertação de Mestrado
Mestrado Integrado em Engenharia Biológica
Ramo Tecnologia Química e Alimentar

Trabalho efetuado sob a orientação da
Professora Doutora Maria Teresa Tavares
e do
Engenheiro António Marta

outubro de 2014



Declaração RepositóriUM: Dissertação de Mestrado

Nome: Ana Luísa Bobião Costa

N.º do Cartão de Cidadão/BI: 13660610 Telefone/Telemóvel: 253614439

Correio eletrónico: analuisacosta263@gmail.com

Curso: Mestrado Integrado em Engenharia Biológica Ano de conclusão da dissertação: 2014

Área de Especialização: Tecnologia Química e Alimentar

Escola de Engenharia, Departamento/Centro: Engenharia Biológica

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO

Título em PT: Avaliação de Amaciadores para Uso na Indústria Têxtil

Título em EN: Evaluation of Softners for the Textile Industry

Orientador: Maria Teresa de Jesus Simões Campos Tavares

Coorientador: António Jorge Gonçalves Marta

Número de Unidades ECTS da Dissertação: 30 Classificação em valores (0 a 20): _____

Classificação ECTS com base no percentil (A a F): _____

Declaro sob compromisso de honra que a dissertação agora entregue corresponde à que foi aprovada pelo júri constituído pela Universidade do Minho, UM.

Declaro que concedo à Universidade do Minho e aos seus agentes uma licença não-exclusiva para arquivar e tornar acessível, nomeadamente através do seu repositório institucional, nas condições abaixo indicadas, a minha dissertação, em suporte digital.

Concordo que a minha dissertação seja colocada no repositório da Universidade do Minho com o seguinte estatuto (assinale um):

- Disponibilização imediata do trabalho para acesso universal;
- Disponibilização do trabalho para acesso exclusivo na UM, durante o período de
 1 ano, 2 anos ou 3 anos, sendo que após o tempo assinalado autorizo o acesso universal.
- Disponibilização do trabalho de acordo com o **Despacho RT-98/2010**

Braga, 31 de Outubro de 2014

Assinatura: _____

Agradecimentos

À minha orientadora, Professora Doutora Maria Teresa Tavares, por todo o apoio e conhecimento transmitido e pela orientação ao longo da realização do trabalho e da dissertação.

Ao Engenheiro António Marta, pela oportunidade em estagiar na Ledechem, por toda a ajuda, disponibilidade, todos os ensinamentos e pelas ótimas condições para a realização do trabalho. Agradeço ainda pela excelente pessoa que é, muito humano, acessível e preocupado com os seus funcionários.

Ao Departamento de Engenharia Têxtil, por ter facultado o acesso aos equipamentos necessários à realização do trabalho experimental.

Ao Professor Hélder Carvalho, do Departamento de Engenharia Têxtil, por toda a disponibilidade, ajuda e orientação na realização dos ensaios da força de penetração da agulha.

À minha querida colega, Ana Madureira, pela confiança que sempre depositou em mim e nas minhas capacidades. Por toda a orientação, toda a disponibilidade, todos os conhecimentos transmitidos e por todos os bons momentos proporcionados ao longo do estágio. Foi sem dúvida um elemento-chave na realização do trabalho e de toda a dissertação.

À Fernanda, à D.Felicidade, ao Sr. Guilherme, ao Sr. Rui, ao Sr. Costa, ao Sr. João Paulo e ao Sr. José, pelo excelente ambiente de trabalho e por toda a colaboração proporcionados ao longo do estágio.

Aos meus pais, Isabel e António, por todo o amor, apoio, carinho e por sempre me terem facultado todos os meios para que conseguisse realizar os meus estudos com as melhores condições possíveis. Ao meu irmão Pedro, pelo seu companheirismo, alegria e sorriso fácil.

Aos restantes membros da minha família, por serem as pessoas maravilhosas que são.

Aos amigos de curso, em especial aos constituintes da Gold Family, por todos os momentos partilhados juntos.

Aos amigos de sempre, pelo apoio, pela partilha, pela confiança e pelos momentos de descontração, que também são muito importantes nestas alturas.

Ao António Sousa, por todo o apoio, confiança e vivência ao longo destes cinco anos.

A todos os que contribuíram direta ou indiretamente para que me tornasse na pessoa lutadora e bem formada que sou hoje, Muito Obrigada!

Sumário

Este trabalho tem como principal objetivo avaliar a ação de diferentes tipos de amaciador sobre substratos têxteis. Concretamente, pretende-se estudar a influência dos amaciadores na hidrofiliidade, no toque, no grau de branco, no amarelecimento e na costurabilidade dos tecidos de algodão. Para tal, serão usados macro e micro amaciadores de silicone, amaciadores de polietileno e amaciadores de ácidos gordos, com caráter catiónico e não iónico.

Os substratos têxteis foram amaciados por impregnação, recorrendo a um foulard laboratorial e a termofixação foi efetuada na estufa ThermoCenter da Salvis.

A hidrofiliidade foi avaliada pelo método de absorção da gota. O grau de branco e as coordenadas da cor foram medidos recorrendo ao espectrofotómetro Spectraflash SF-600 da Datacolor International através do método CIELab. Os ensaios relativos à costurabilidade foram efetuados através da medição das forças de penetração da agulha.

Os resultados obtidos foram tratados estatisticamente usando para o efeito a aplicação informática EXCEL. A reprodutibilidade dos diferentes resultados para cada variável testada foi analisada com base no parâmetro de assimetria (média) e de dispersão (coeficiente de variação).

Os resultados demonstraram que entre os amaciadores testados, os amaciadores de silicone foram os que apresentaram um melhor desempenho. O macro amaciador de silicone, Ledesoft MR, tem como principais características conferir um toque agradável e encorpado e incrementar a costurabilidade. Este amaciador obteve os valores de $(3,67 \pm 0,56)$ e $(101,3 \pm 11,6)$ s para o toque e o tempo de absorção da gota, respetivamente. No ensaio da força de penetração da agulha obteve os valores de $(142,9 \pm 40,8)$ cN, $(183,4 \pm 49,8)$ cN e $(-40,3 \pm 24,5)$ cN para o pico 1, 2 e 3, respetivamente.

Por seu lado, o micro amaciador de silicone, Ledemin A2, tem como principais características conferir hidrofiliidade aos tecidos têxteis e manter o grau de branco, quando os substratos são submetidos a elevadas temperaturas. Este amaciador apresentou o valor de $(3,3 \pm 0,6)$ s para o tempo de absorção da gota.

Palavras-chave: amaciador, impregnação, silicone

Abstract

This work aims to evaluate the effects of different types of fabric softeners on textile substrates. Specifically, to study the influence of softeners on the hydrophilicity, touch, degree of white, yellowing and sewability of cotton fabrics. To this end, will be used macro and micro silicone softeners, polyethylene softeners and fatty acids softeners with cationic and nonionic character.

Textile substrates were softened by padding, using a laboratory padder and the heat setting was conducted in the greenhouse Thermocenter Salvis.

The hydrophilicity was evaluated by the method of absorption of the drop. The degree of whiteness and color coordinates were measured using the Spectraflash SF-600 spectrophotometer from Datacolor International and the CIELab method. The assays for sewability were made by measuring the forces of needle penetration.

The results were treated statistically using the program EXCEL. The reproducibility of the different results for each tested variable was analyzed on the basis of asymmetry (mean) and dispersion (standard deviation) parameters.

The results showed that among test softeners, silicone softeners are those with better performance. The macro silicone softener, Ledesoft MR, has as principal characteristics a nice and bodied touch and a good sewability. This softener presented the values of $(3,67 \pm 0,56)$ and $(101,3 \pm 11,6)$ s to touch and absorption of the drop time, respectively. To the needle penetration forces the values obtained were $(142,9 \pm 40,8)$ cN, $(183,4 \pm 49,8)$ cN and $(-40,3 \pm 24,5)$ cN to the peak 1,2 and 3, respectively.

The micro silicone softener, Ledemin A2, has as main characteristics the ability to provide hydrophilicity to textile fabrics and maintain of whiteness degree, when the substrates are subjected to high temperatures. This softener presented the value of $(3,3 \pm 0,6)$ s to the absorption of the drop time.

Keywords: softener, padding, silicones

Índice

Agradecimentos.....	iii
Sumário	v
Abstract.....	vii
Índice.....	ix
Índice de Figuras.....	xii
Índice de Tabelas	xiv
1 A Empresa: Ledechem – Produtos Químicos S.A.	1
1.1 O Laboratório.....	1
2 Objetivos do Trabalho.....	2
3 Introdução.....	3
3.1 Fibras Têxteis.....	3
3.1.1 A fibra de algodão.....	3
3.1.2 Operações de Pré-Tratamento.....	5
3.2 Acabamentos Têxteis.....	8
3.2.1 Acabamentos Mecânicos	9
3.2.2 Acabamentos Químicos	9
3.3 Amaciamento.....	12
3.3.1 Amaciamento Químico.....	13
3.3.2 Tipos de Amaciadores.....	13
3.4 Silicones	16
3.4.1 Conceito.....	16

3.4.2	Histórico.....	17
3.4.3	Obtenção dos Silicones.....	18
3.4.4	Propriedades dos Silicones	20
3.5	Emulsões.....	21
3.5.1	Agentes Emulsionantes.....	22
3.5.2	Emulsões de Silicone.....	23
3.6	O Sistema CIELAB.....	26
3.6.1	Colorimetria.....	26
3.6.2	Avaliação numérica da cor	26
3.6.3	Iluminante	27
3.6.4	Brancura de Berger	28
3.7	Força de Penetração da Agulha	29
3.8	Hidrofilidade.....	30
4	Desenvolvimento Experimental.....	33
4.1	Materiais.....	33
4.1.1	Substrato têxtil.....	33
4.1.2	Reagentes	33
4.2	Métodos.....	34
4.2.1	Branqueamento.....	34
4.2.2	Aplicação dos amaciadores.....	35
4.2.3	Absorção da Gota	36
4.2.4	Avaliação do Toque.....	37
4.2.5	Avaliação do Grau de Branco	37
4.2.6	Coordenadas da Cor	38

4.2.7	Força de Penetração da Agulha.....	39
5	Resultados e Discussão.....	41
5.1	Avaliação de Macro e Micro Emulsões de Silicone.....	41
5.1.1	Avaliação da Hidrofilidade e Toque.....	42
5.1.2	Avaliação do Grau de Brancura	44
5.1.3	Avaliação das Coordenadas da Cor	46
5.2	Costurabilidade – Avaliação da Força de Penetração da Agulha de Diferentes Tipos de Amaciador.....	48
5.2.1	Avaliação da força do impacto inicial da agulha com o tecido – Pico 1.....	48
5.2.2	Avaliação da força com que a agulha penetra no tecido – Pico 2	49
5.2.3	Avaliação da força da retirada da agulha no tecido – Pico 3.....	50
6	Conclusões.....	53
	Bibliografia	57
A.	Anexos.....	62
A.1	Representação da hidrofilidade de substratos têxteis sem amaciador e amaciados com macro e micro amaciadores de silicone.....	62
A.2	Influência da termofixação a 150 °C nas coordenadas da cor dos substratos sem amaciador e amaciados com diferentes tipos de amaciadores de silicone.....	63
A.3	Influência da termofixação a 180 °C nas coordenadas da cor dos substratos sem amaciador e amaciados com diferentes tipos de amaciadores de silicone.....	64
A.4	Teste da Força de Penetração da Agulha em substratos sem amaciador e amaciados com diferentes tipos de amaciador	65

Índice de Figuras

Figura 1 - Estrutura do algodão (Machado, M. <i>et al.</i> 2008).	3
Figura 2- Representação esquemática da celulose, sendo n o grau de polimerização.	4
Figura 3- Etapas do processo de amaciamento por esgotamento (Adaptado de CITEVE 2012). 11	
Figura 4- Principais processos de amaciamento por impregnação (Adaptado de CITEVE, 2012).	12
Figura 5 - Fórmula química base dos silicones.	16
Figura 6 - Estruturas químicas de típicos amaciadores de silicone (Schindler e Hauser 2004)..	17
Figura 7- Representação gráfica dos acontecimentos na interface das fases de uma emulsão do tipo óleo em água. (Adaptado de Bayer 2003).....	21
Figura 8- Representação gráfica da interface de uma emulsão de óleo em água, com a incorporação do emulsionante (Adaptado de Bayer 2003).....	22
Figura 9- Estrutura de um agente emulsionante: cadeia hidrofóbica apolar (vermelho) e cabeça hidrofílica polar (azul) (Adaptado de Bayer 2003).	23
Figura 10 - Representação do sistema de cor CIELab (PETTER e Gliese 2000).	27
Figura 11 - Foulard laboratorial utilizado para aplicação dos amaciadores.	36
Figura 12 - Estufa Thermocenter da SalvisLab utilizada para os processos de secagem e termofixação.....	36
Figura 13 - Espectrofotômetro Spectraflash SF600.	38
Figura 14 - Interface do programa computacional que fornece as coordenadas da cor.	39
Figura 15- Máquina de corta e cose utilizada para o ensaio da força de penetração da agulha. 40	
Figura 16- Tempo de absorção da gota de macro e micro emulsões de silicone.....	42
Figura 17- Toque dos substratos têxteis amaciados com diferentes tipos de amaciador; Escala de Toque: 1- Mau; 2- Razoável, 3- Bom, 4- Ótimo.....	43
Figura 18- Influência da termofixação a 150 °C no Grau de Brancura dos substratos sem amaciador e amaciados com diferentes tipos de amaciador.	45

Figura 19- Influência da termofixação a 180 °C no Grau de Brancura dos substratos sem amaciador e amaciados com diferentes tipos de amaciador.	45
Figura 20- Amarelecimento dos substratos têxteis sem amaciador e amaciados com diferentes tipos de amaciador, termofixados a 150 °C.	47
Figura 21- Amarelecimento dos substratos têxteis sem amaciador e amaciados com diferentes tipos de amaciador, termofixados a 180 °C.	47
Figura 22- Valores médios da força de impacto inicial da agulha- Pico 1.....	49
Figura 23- Valores médios da força com que a agulha penetra no tecido – Pico 2.....	50
Figura 24- Valores médios da força da retirada da agulha no tecido- Pico 3.	51

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Composição média da fibra de algodão (Retirado de Machado, M. <i>et al.</i> 2008)	4
Tabela 2- Processos de Branqueamento (Retirado de Machado, M. <i>et al.</i> 2008)	6
Tabela 3 - Resumo das características dos produtos de branqueamento oxidativo (Retirado de Machado, M. <i>et al.</i> 2008)	7
Tabela 4- Características dos amaciadores (Retirado de Maria <i>et al.</i> 2008)	14
Tabela 5- Cloro-silanos obtidos da reação de silício e cloreto de metila (Colas 1997).....	19
Tabela 6 - Relação entre os valores de HLB e as aplicações dos emulsionantes (Nunes 2009). 23	
Tabela 7 - Descrição das características dos amaciadores utilizados na 1ª parte do estudo	34
Tabela 8- Descrição das características dos amaciadores utilizados na 2ª parte do estudo	34
Tabela A. 1-Tempo de absorção da gota dos substratos têxteis sem amaciador e amaciados com macro e micro amaciadores de silicone	62
Tabela A. 2- Coordenadas da cor dos substratos têxteis termofixados a 150 °C.....	63
Tabela A. 3- Coordenadas da cor dos substratos têxteis termofixados a 180 °C.....	64
Tabela A. 4- Valores medidos para os três diferentes picos do teste da força de penetração da agulha para os substratos sem amaciador e amaciados com diferentes tipos de amaciador de silicone.....	65

1 A Empresa: Ledechem – Produtos Químicos S.A.

A Ledechem – Produtos Químicos S.A é uma empresa sediada em Braga, no Parque Industrial de Adaúfe, que se dedica ao desenvolvimento e produção de produtos químicos para utilização na indústria têxtil, nomeadamente em tinturarias. Entre os produtos fabricados pela empresa encontram-se: amaciadores, detergentes, enzimas, corantes, estabilizadores, entre outros.

A Ledechem é uma empresa existente desde 1981 e tem vindo a evoluir em termos de instalações, equipamentos e know-how. Hoje em dia possui uma moderna unidade fabril, com cerca de 1500 m², dotada de meios tecnológicos e produtivos capazes de responder às elevadas exigências de mercado.

Em Janeiro deste ano a empresa alargou a sua unidade de produção, incorporando um laboratório de investigação e desenvolvimento. Deste modo, a Ledechem pode dedicar-se ao desenvolvimento de novos produtos químicos, tecnologicamente mais evoluídos e com maior performance de utilização, tendo em conta os aspetos ambientais como a poupança de energia, um menor impacto ambiental e uma melhor gestão dos tempos de produção.

A Ledechem aposta no seu desenvolvimento e na relação de proximidade com os seus clientes, fornecendo-lhes um constante apoio e aconselhamento técnico.

1.1 O Laboratório

O Laboratório de Investigação e Desenvolvimento tem por objetivos fornecer um apoio técnico tanto à área de produção, como à área comercial.

Relativamente ao apoio fornecido à área de produção, é o laboratório que fornece a receita dos produtos à unidade de produção, para que os mesmos possam ser fabricados. Assim, a unidade de produção segue a receita emitida pelo laboratório e, após a fabricação do produto são controlados os parâmetros de qualidade do mesmo.

O controlo de qualidade é efetuado verificando se o aspeto, o pH, a densidade, o resíduo seco e o índice de refração do produto fabricado, se encontram dentro dos valores de aceitação estipulados de acordo com os procedimentos internos, face ao sistema de gestão de qualidade implementado na organização.

Caso o produto esteja conforme, é emitido o boletim de análise, que é enviado ao cliente a acompanhar o produto conjuntamente com a guia de transporte. Caso o mesmo possua valores fora dos parâmetros de aceitação, são avaliadas as causas e efetuadas as devidas correções para garantir a conformidade do produto antes do seu envio ao cliente.

A grande maioria dos produtos comercializados pela Ledechem são amaciadores. Atendendo a este facto, laboratório está constantemente a desenvolver novas formulações de amaciadores, com vista à obtenção de melhores propriedades de amaciamento e de toque.

O laboratório dedica-se ainda à realização de vários tipos de ensaios, tanto internos como para os seus clientes, tais como: tingimentos, nomeadamente reprodução de cores (pantones) de acordo com as pretendidas pelos clientes, comparação entre amaciadores produzidos pela Ledechem face aos existentes na concorrência, avaliação da estabilidade dos produtos químicos, entre outros. Apesar do pouco tempo de existência, o laboratório tem vindo a potenciar o desenvolvimento da empresa, atraindo novos clientes e satisfazendo as necessidades tanto da empresa como dos seus clientes.

2 Objetivos do Trabalho

Os produtos químicos produzidos pela Ledechem são usualmente aplicados sobre materiais têxteis. Assim sendo, os objetivos deste trabalho consistem em avaliar a influência da aplicação de amaciadores sobre as seguintes características dos substratos têxteis:

- Hidrofilidade
- Toque
- Grau de Brancura
- Amarelecimento
- Costurabilidade

O trabalho será dividido em duas partes. Na primeira parte será efetuada a avaliação de macro e micro emulsões de silicone, com carácter catiónico e não iónico, com base na sua hidrofilidade, toque, grau de brancura e grau de amarelecimento. A segunda parte consistirá na avaliação da costurabilidade de substratos têxteis amaciados com diferentes tipos de amaciadores.

3 Introdução

3.1 Fibras Têxteis

Para produzir um artigo têxtil são necessárias fibras, que podem ter origem natural ou resultarem da transformação ou síntese de compostos orgânicos. Deste modo, as fibras têxteis podem ser classificadas em dois grandes grupos: as fibras naturais e não naturais. As fibras naturais dividem-se em fibras animais, vegetais e minerais, enquanto as fibras não naturais dividem-se em artificiais, sintéticas e inorgânicas.

As fibras vegetais provêm de plantas e são essencialmente constituídas por celulose, sendo as mais conhecidas o algodão e o linho (Sá 2008, Vidrigo 2011).

3.1.1 A fibra de algodão

A fibra de algodão possui uma estrutura fibrilar constituída por uma parede primária, parede secundária e por uma parte interna denominada de lúmen, tal como é observado na **Figura 1**.

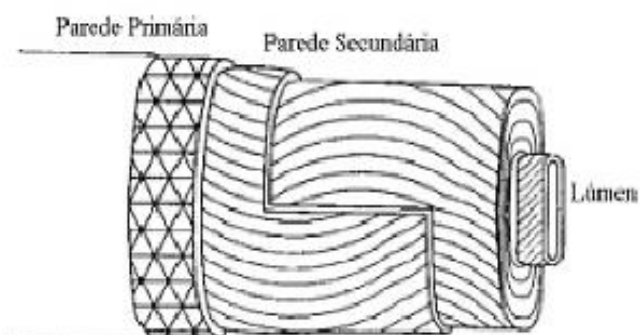


Figura 1 - Estrutura do algodão (Machado, M. *et al.* 2008).

A fibra de algodão em cru é constituída em média por cerca de 90% de celulose, sendo o restante conteúdo composto por impurezas naturais como gorduras, ceras, proteínas, pectinas, pigmentos corados (responsáveis pela coloração bege do algodão cru), sais minerais e compostos solúveis

em água, conforme a **Tabela 1**. Estas impurezas situam-se maioritariamente na parede primária e minoritariamente na parede secundária.

Tabela 1 - Composição média da fibra de algodão (Retirado de Machado, M. *et al.* 2008)

Componente	Quantidade (%)	(%) na parede primária
Celulose	86-93	52
Pectinas, proteínas, pigmentos naturais	5-6	24
Óleos, gorduras, ceras	0,1-1	7
Minerais	1	-
Humidade	8	-

A composição do solo, a presença de metais pesados e alcalino-terrosos no solo, a quantidade de chuva, a quantidade de sol e a utilização de produtos agro-químicos, tais como fertilizantes, pesticidas, inseticidas e fungicidas, dão origem a impurezas que podem condicionar a “qualidade” da fibra de algodão e conseqüentemente ter influência no tratamento prévio.

Todas estas impurezas devem ser eliminadas de modo a obter-se um material com um teor em celulose perto de 100%, com uma boa e uniforme hidrofiliidade e com uma estrutura melhorada, tornando-o mais apto para as operações posteriores e proporcionando uma boa estabilidade dimensional.

Na **Figura 2** é apresentada a estrutura da celulose, que consiste numa mistura de β -D-glucanas, cujas cadeias apresentam diferentes comprimentos. É portanto constituída por vários polímeros, sendo classificada como um polissacarídeo (Perissotto 2005).

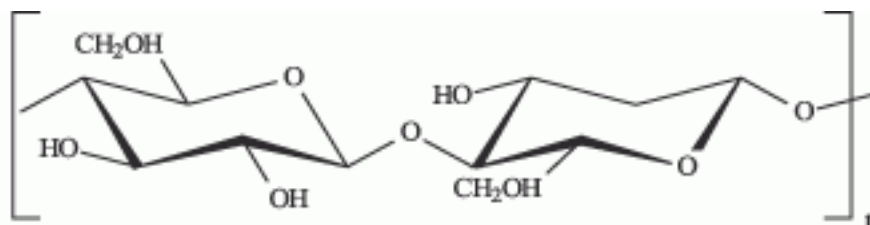


Figura 2- Representação esquemática da celulose, sendo n o grau de polimerização.

O grau de polimerização (n) representa a quantidade média de monómeros existentes numa molécula, ou seja, o tamanho médio da cadeia do polissacarídeo.

3.1.2 Operações de Pré-Tratamento

O tipo e o número de operações de pré-tratamento dependem do substrato têxtil e da forma em que o material a processar se apresenta. Assim, as operações de tratamento prévio consideradas mais importantes e mais utilizadas nos artigos de algodão são: a gasagem (chamuscagem), a descolagem, a mercerização, a fervura alcalina e o branqueamento, sendo este último o processo utilizado neste estudo.

O branqueamento pode ser químico ou ótico e destacam-se as seguintes características de cada um dos tipos de branqueamento:

Branqueamento Químico: É a última fase do tratamento prévio dos artigos têxteis e é também aquela que introduz alterações mais profundas no aspeto superficial dos artigos. Esta operação tem por objetivo eliminar a cor natural da fibra de algodão, através da oxidação dos seus pigmentos amarelados, bem como eliminar as restantes impurezas vegetais, nomeadamente a casca/pulga do algodão.

O grau de branco que se pretende obter depende do tratamento a que se irá submeter posteriormente o substrato têxtil. Se se pretender um branco muito elevado, submeter-se-á o algodão a um ou mais branqueamentos químicos e um branqueamento ótico. Se se pretender tingir o artigo têxtil apenas se procederá a um ligeiro branqueamento, denominado por “meia branqueação”.

Os processos que possibilitam o branqueamento dos substratos têxteis são vários, sendo classificados como oxidativos ou redutivos, conforme a **Tabela 2**.

Tabela 2- Processos de Branqueamento (Retirado de Machado, M. *et al.* 2008)

Branqueamento oxidativo	Branqueamento redutivo
Peróxido de hidrogénio	Hidrosulfito/ ditionito
Hipoclorito de sódio	Sulfoxilatos
Clorito de sódio	
Ácido peracético	

Tradicionalmente o branqueamento de substratos de algodão e misturas era efetuado com recurso ao hipoclorito de sódio, clorito de sódio ou peróxido de hidrogénio. No entanto, devido aos problemas ambientais e de higiene e segurança provocados pelos dois primeiros produtos, atualmente esta operação é efetuada por aplicação exclusiva de peróxido de hidrogénio, comumente conhecido por água oxigenada.

A receita de branqueamento deve ser equilibrada na sua composição, caso contrário o algodão pode danificar-se por diminuição do seu grau de polimerização, afetando a resistência dinamométrica da fibra.

Segundo Machado, M. *et al.* (2008), a presença de metais, especialmente ferro, cobre, zinco e magnésio pode originar oxixeluloses, conduzindo a abaixamentos do grau de polimerização e decréscimo do grau de branco, devendo a aplicação de água oxigenada ser doseada e feita juntamente com estabilizadores (orgânicos e/ou minerais).

Tabela 3 - Resumo das características dos produtos de branqueamento oxidativo (Retirado de Machado, M. *et al.* 2008)

Processo	Vantagens	Desvantagens
Hipoclorito de sódio (ClONa)	Boa eliminação das cascas Menos sensível à catálise que o processo com peróxido Necessita de pouca energia	Grau de branco inferior ao de peróxido Não é compatível com todos os branqueadores óticos Necessita de tratamento anti-cloro
Clorito de Sódio (ClO₂Na)	Muito bom grau de branco Processo seguro Não é sensível a catálises	Não é compatível com branqueadores óticos para a celulose As cascas são branqueadas mas nem sempre eliminadas Odor muito desagradável e tóxico Corrosão de peças metálicas Necessita de tratamento anti-cloro
Peróxido de Hidrogénio	Bom grau de branco Pode aplicar-se branqueadores óticos no mesmo banho Eliminação completa de cascas e pulgas Não tem odor desagradável Não provoca amarelecimento nem libertação de gases tóxicos Processo de grande versatilidade	Possibilidade de degradação catalítica da fibra

Pela análise da **Tabela 3** verifica-se que o branqueamento com peróxido de hidrogénio é o processo mais adequado, apresentando ainda as seguintes vantagens:

- ✓ É um processo vulgarizado
- ✓ Obtém-se uma boa preparação dos artigos
- ✓ Não “ataca” as máquinas
- ✓ Menor ataque da fibra de algodão
- ✓ Maior rendimento que o ClO₂Na e ClONa
- ✓ Pode ser efetuado simultaneamente com a fervura alcalina

A operação de branqueamento pode ser efetuada nos mais diversos tipos de materiais (rama, fio, tecido e malha, peça confeccionada, etc) e por processos de esgotamento (descontínuos) ou por processos de impregnação (semi-contínuos ou contínuos).

Branqueamento ótico: Após ou em simultâneo com o branqueamento químico pode efetuar-se o branqueamento ótico, através da aplicação de agentes branqueadores óticos. Estas substâncias químicas têm a capacidade de absorver a luz ultravioleta - responsável pelo fenómeno de fluorescência – sendo posteriormente transmitida sob a forma de luz visível, à qual o olho humano é sensível.

A escolha do branqueador ótico adequado depende do tipo de fibra e do equipamento utilizado (Machado, M *et al.* 2008).

3.2 Acabamentos Têxteis

A fase de acabamentos tem como finalidade conferir aos artigos têxteis propriedades e características válidas, quer do ponto de vista estético, quer do ponto de vista funcional, satisfazendo as necessidades do mercado e as exigências técnicas da indústria da confeção.

De acordo com Maria, R. *et al.* (2008), os acabamentos possibilitam a eliminação de substâncias estranhas ao tecido, a reconstituição de efeitos perdidos, a transmissão de efeitos novos e o suporte para novos processos. A sua aplicação permite adicionar e/ou melhorar as propriedades do material, tal como o toque, o brilho, o cair, o amarrotamento, a resistência e a estabilidade dimensional, de modo a obter diferentes efeitos e características inovadoras nos artigos têxteis.

Devido à crescente exigência dos acabamentos têxteis, há a necessidade de um equilíbrio entre os diferentes produtos de acabamento, tratamentos e processos de aplicação (Vidrago 2011).

Os acabamentos têxteis dividem-se em dois grandes grupos: acabamentos mecânicos e acabamentos químicos.

Como no estudo realizado apenas foi utilizado o acabamento químico, este será o mais abordado.

3.2.1 Acabamentos Mecânicos

Os acabamentos mecânicos são aqueles que modificam as propriedades e o aspeto dos materiais têxteis, através de operações mecânicas. São exemplos de acabamentos mecânicos a gasagem, a compactação, a sanfonização, a cardação, a esmirilagem, a calandragem, a ramulagem, a laminagem, entre outros (Maria, R. *et al.* 2008, Troficolor 2008).

3.2.2 Acabamentos Químicos

Contexto Histórico: A elevada resistência e a boa estabilidade dimensional das fibras sintéticas levou a que as fibras naturais, nomeadamente o algodão, perdessem alguma importância. Assim sendo, o acabamento químico nasceu da possibilidade de conciliar num mesmo artigo características próprias das fibras naturais com características das fibras sintéticas (Maria *et al.* 2008).

Os acabamentos químicos tradicionais limitavam-se a conferir aos têxteis um toque agradável e uma determinada massa por unidade de superfície, ou corpo, de modo a tornar os têxteis mais atrativos ao consumidor. Com a aplicação de produtos químicos específicos estas propriedades começaram a ser melhoradas, permitindo inclusive conferir aos artigos 100% algodão determinadas características específicas das fibras sintéticas (Troficolor 2008).

Atualmente o banho de tratamento pode incluir os mais variados produtos químicos, consoante o fim a que se destina o artigo, consistindo numa verdadeira etapa de funcionalização do material.

Os acabamentos químicos mais frequentes são o amaciamento, a impermeabilização, o tratamento anti-estático, entre outros (Vidrago 2011).

Objetivos de acabamento químico: O acabamento químico tem como finalidade a eliminação de substâncias estranhas ao tecido, tais como impurezas, poeiras, sujidade, e a reconstituição de efeitos perdidos, como o toque e a resistência, que são diminuídos durante os tratamentos prévios de fervura, branqueamento, etc. Serve ainda como suporte para processos mecânicos pois, muitos dos efeitos obtidos por processos mecânicos exigem o uso de produtos químicos, tais como a

obtenção de brilho, a cardação e a esmerilagem. Por outro lado, o processamento de fios, malhas e tecidos, necessita da aplicação de produtos específicos para aumentar a sua resistência e melhorar a sua aptidão para a costura na confecção.

É ainda um objetivo do acabamento químico a transmissão de novos efeitos, de modo a proporcionar aos artigos têxteis, constituídos por fibras naturais ou sintéticas, propriedades que estes não possuem, tal como estabilidade dimensional, hidrofiliidade, anti-ruga, oleofugação, entre outros (Maria *et al.* 2008, Troficolor 2008).

Aplicação: Os acabamentos químicos podem ser realizados de modo descontínuo, por esgotamento, e de modo contínuo, através de impregnação (Andreas *et al.* 2010).

Nos **processos descontínuos ou esgotamento**, representado na **Figura 3**, o processamento do material têxtil é efetuado de forma descontínua, por imersão no banho e permanência durante determinado tempo com movimentação (esgotamento) do banho e respetivo artigo a determinada temperatura, de acordo com as receitas recomendadas para os produtos utilizados. As operações subsequentes são efetuadas noutras máquinas ou na mesma, após mudança de banho.

Este processo designa-se por esgotamento devido ao facto de o amaciador ser transferido gradualmente, ao longo de um determinado tempo, do banho de amaciamento para o substrato têxtil.

No processo de esgotamento têm que ser consideradas as seguintes etapas:

- 1- Uniformização do amaciador no banho;
- 2- Difusão do amaciador no banho;
- 3- Adsorção superficial da fibra;
- 4- Difusão do amaciador na fibra;
- 5- Fixação do amaciador na fibra

No entanto, para que estas etapas se processem, é essencial que haja agitação mecânica, que a temperatura seja suficiente e que o banho possua produtos auxiliares adequados ao sistema amaciador/fibra (CITEVE, 2012).

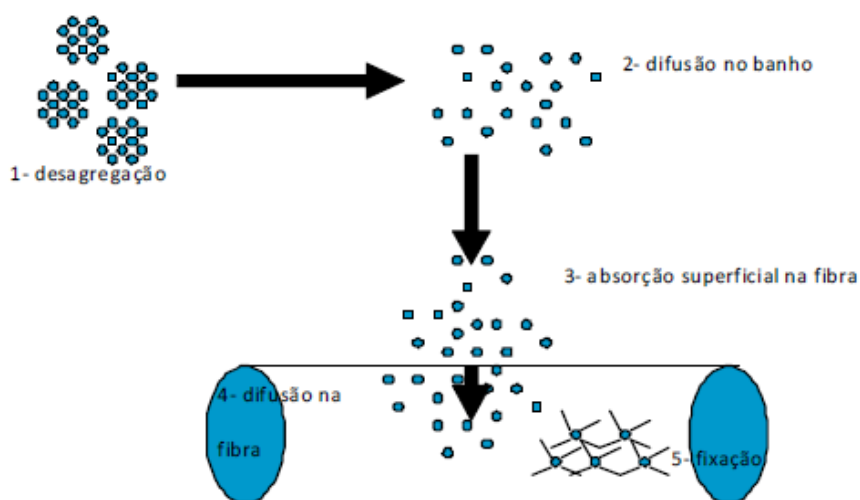


Figura 3- Etapas do processo de amaciamento por esgotamento (Adaptado de CITEVE 2012).

Nos **processos contínuos ou de impregnação**, representado na **Figura 4** o processamento do material têxtil é efetuado de uma forma contínua, com impregnação prévia em *foulard*, pré-secagem, secagem por vaporização ou calor seco e lavagens subsequentes na mesma máquina, em unidades distintas.

Este processo tem a vantagem de ser utilizado quando há necessidade de amaciar grandes quantidades de material têxtil, uma vez que evita o inconveniente de separar o trabalho por partidas/banhos e repetir o processo várias vezes. Neste método, o processamento é planejado com uma sequência contínua de acontecimentos desde o início até ao fim. A peça em processamento move-se a uma velocidade constante ao longo do equipamento e no final do processo é retirada mecanicamente através da extremidade do equipamento (Sánchez *et al.* 1981).

A maioria dos processos de amaciamento em contínuo pode ser dividida em 4 etapas:

- 1- Aplicação do amaciador por impregnação (*padding*);
- 2- Fixação do amaciador, usualmente por ar quente ou vapor;
- 3- Secagem, feita em cilindros aquecidos por vapor;
- 4- Termofixação a elevadas temperaturas

Nos **processos semi-contínuos** o processamento do material têxtil é efetuado por combinação de processos contínuos (impregnação) com descontínuos (tratamento posterior) (CITEVE, 2012).

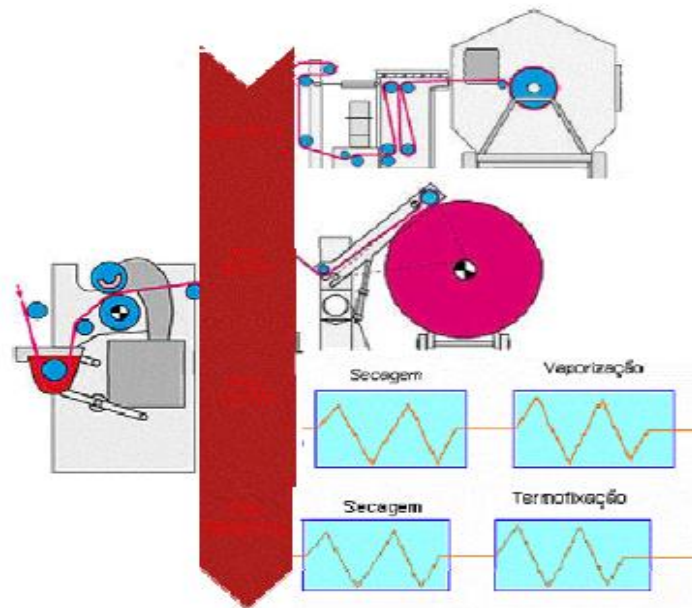


Figura 4- Principais processos de amaciamento por impregnação (Adaptado de CITEVE, 2012).

Por motivos de estrutura, normalmente, o fio, os artigos de malha e as peças confeccionadas são tratados por processos descontínuos. Já os tecidos podem ser tratados por processos descontínuos, contínuos ou semi-contínuos.

3.3 Amaciamento

Um dos objetivos mais importantes e mais controverso do acabamento é a melhoria do toque. Na compra de um artigo de vestuário ou qualquer outro produto têxtil, vários são os conceitos considerados. A cor é o primeiro fator de seleção mas o aspeto visual, o preço e o toque também são bastante importantes sendo, por isso mesmo, considerados fatores determinantes numa compra.

O acabamento têxtil que é efetuado para proporcionar um “bom toque” é um dos mais antigos e dos mais estudados. A noção de toque é muitas vezes associada ao caráter de suavidade que deu origem ao processo denominado por amaciamento.

O amaciamento pode ser de três tipos: mecânico, biológico ou químico. A combinação de processos químicos com mecânicos e/ou biológicos é atualmente a forma mais aconselhada para se conseguirem efeitos especiais sem desvirtuar as propriedades próprias das fibras em processamento (Maria *et al.* 2008).

3.3.1 Amaciamento Químico

O amaciamento químico traduz-se pela “suavização do toque” por aplicação de produtos químicos, denominados amaciadores.

Os amaciadores disponíveis podem ser classificados em dois grupos: amaciadores não permanentes, ou seja, que se eliminam facilmente por lavagem e amaciadores permanentes, que apresentam um toque macio mesmo após várias lavagens (Maria *et al.* 2008, Troficolor 2008).

3.3.2 Tipos de Amaciadores

A grande maioria dos produtos de amaciamento apresenta características análogas a um tensoativo: uma longa cadeia alifática, parte hidrófoba, e uma parte hidrófila. A sua classificação é normalmente baseada nas características da parte hidrófila. Existem assim amaciadores: não iônicos, aniônicos, catiónicos, anfotéricos e reativos (Troficolor 2008).

Amaciadores Aniônicos: Apresentam uma boa estabilidade térmica, não amarelecem com a temperatura, são estáveis numa gama alargada de pH, têm baixa afinidade para as fibras e proporcionam um toque cheio e encorpado. No entanto, normalmente têm uma ação menos suavizante que os amaciadores não-iônicos e catiónicos. Este tipo de amaciadores têm como base química gorduras, produtos de condensação de ácidos gordos e óleos sulfonados. Devem ser preferencialmente aplicados por impregnação.

Amaciadores Catiónicos: Proporcionam um toque excelente e volumoso, são utilizados para quase todas as fibras, têm boa aplicação por esgotamento e são mais utilizados em artigos com cores. Têm contudo as desvantagens de diminuírem a hidrofiliidade e de causarem o amarelecimento dos brancos. A sua base química é definida por sais de amónio quaternário, amino-esteres e amino-amidas. A sua aplicação faz-se por esgotamento e impregnação.

Amaciadores Não Iônicos: São pouco sensíveis ao pH e são praticamente insensíveis à dureza da água. Possuem uma boa estabilidade térmica, mantêm a hidrofiliidade e têm uma boa resistência térmica, não amarelecendo com a temperatura. Contudo, têm uma menor qualidade “suavizante” que os produtos catiónicos. A base química dos amaciadores não iônicos é constituída por poliésteres glicólicos, ésteres de ácidos gordos, dispersões de polietileno, emulsões de silicone e ceras. A sua aplicação é feita preferencialmente por impregnação.

Amaciadores Anfotéricos: Podem ser incluídos nos produtos não-iônicos pois o seu caráter iônico depende do pH. Em meio ácido são catiónicos e em meio neutro a alcalino são não iônicos. A sua aplicação é feita preferencialmente por impregnação, podendo também ser por esgotamento.

Na **Tabela 4** são apresentadas as características dos amaciadores, consoante os seus grupos iônicos.

Tabela 4- Características dos amaciadores (Retirado de Maria *et al.* 2008)

	Efeito amaciamento	Aplicação Esgotamento	Aplicação Impregnação	Branços	Hidrofiliidade
Catiônicos	3	++	+	-	-
Aniônicos	1	-	++	++	++
Não Iônicos	2	-	++	++-	++

Legenda: 3- Ótimo; 2- Bom; 1- Razoável; ++ Adequado; + Menos Adequado; - Não Adequado

Amaciadores Reativos: São aplicados em acabamentos permanentes, formam filmes elásticos que reagem com as fibras celulósicas, providenciam um bom efeito de amaciamento e um bom efeito de hidrofiliidade. São à base de macro e micro emulsões de silicone, polisiloxanos e poliuretanos. A sua aplicação deve ser feita preferencialmente por impregnação.

Amaciadores derivados de polietileno: Estão incluídos na categoria dos amaciadores não iônicos, pelo que apresentam as mesmas características apresentadas nessa categoria.

O polietileno pode ser modificado com a introdução de grupos carboxílicos na sua estrutura por oxidação, originando moléculas mais hidrofílicas. A sua emulsificação em meio alcalino resulta em produtos de elevada qualidade e muito estáveis.

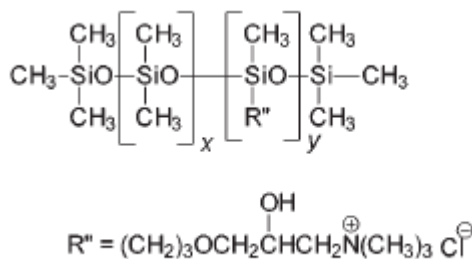
Apresentam grande poder lubrificante e resistência a condições extremas de pH e temperatura usados nos processos de acabamentos têxteis (Vidrago 2011).

Amaciadores de Silicone: Proporcionam uma elevada macieza e um toque especial e único, devido à sua alta capacidade de lubrificação e molhabilidade. Apresentam ainda uma boa capacidade de costura, boa resistência elástica, resistência à abrasão e resistência ao rasgamento. Este tipo de amaciadores são muito estáveis à temperatura e apresentam boa durabilidade à lavagem, uma vez que podem estabelecer uma rede de pontes de hidrogénio com o substrato. Consoante o método de síntese, podem ter quantidade variável de oligómeros de siloxano.

De acordo com Schindler e Hauser (2004) O amaciamento especial do amaciador de silicone deve-se à flexibilidade da cadeia de silicone e à sua baixa transição vítrea (T_g). A T_g é característica dos materiais amorfos, sendo definida como a passagem do estado vítreo para o estado elastomérico. Nessa passagem o polímero passa de um estado desordenado rígido (vítreo) para um estado desordenado no qual as cadeias poliméricas possuem uma maior mobilidade. No caso de algumas classes de polímeros essa mobilidade dá origem à elasticidade.

A transição vítrea reflete-se macroscopicamente através de mudanças em vários tipos de propriedades, como por exemplo capacidade calorífica, coeficiente de expansividade térmica, resposta a forças de compressão ou extensão, entre outros (de Souza *et al.* 2004).

Amaciador de silicone catiónico



Amaciador de silicone hidrófilo

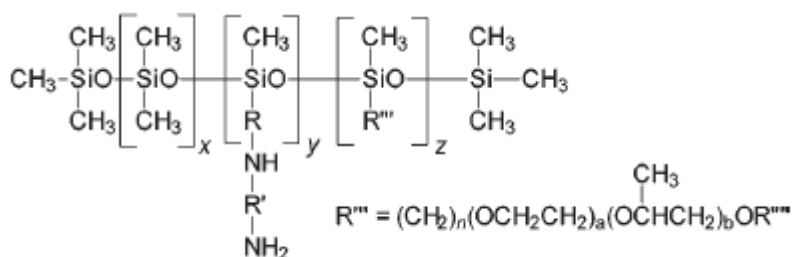


Figura 6 - Estruturas químicas de típicos amaciadores de silicone (Schindler e Hauser 2004).

Os silicones formam a base de uma grande variedade de produtos industriais, que podem ser convenientemente classificados como fluidos, resinas, elastómeros, borrachas, entre outros. Os silicones possuem: estabilidade numa larga gama de temperatura, boa repelência à água, baixa tensão superficial e propriedades anti-adesivas, tendo por isto mesmo várias aplicações industriais. As indústrias nas quais os silicones têm desempenhado um papel importante incluem: fabrico de aeronaves, isolamento elétrica, lubrificação, construção, acabamento têxtil, couro, papel e vidro.

3.4.2 Histórico

As principais etapas do desenvolvimento da química de silicone são:

1824 – Berzelius descobriu o átomo de silício;

1863 – Síntese dos primeiros compostos orgânicos de silício, por Friedel e Craft;

1901 – Kipping descreveu novos compostos de fórmula genérica R_2SiO , que denominou por silicões;

1940 – Hyde, da Dow Corning demonstrou a grande estabilidade térmica e resistência elétrica dos silicões;

1946 – Eugene Rochow, da General Electric, descobriu um processo direto de obtenção de silicone, a partir de silício elementar e cloreto de metilo, que corresponde ao processo industrial ainda hoje utilizado, o Processo de Rochow.

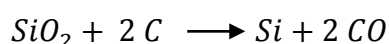
3.4.3 Obtenção dos Silicões

Os silicões são obtidas a partir de um processo sintético direto (**Processo de Rochow**), dividido em três etapas:

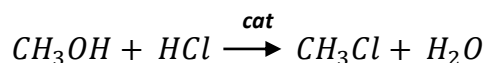
1. Síntese dos Cloro-Silanos;
2. Hidrólise dos Cloro-Silanos;
3. Polimerização/ Policondensação

1. Síntese dos Cloro-Silanos

Atualmente os silicões são obtidos comercialmente a partir de cloro-silanos preparados segundo o processo direto de Rochow e usando sílica (Si) -elementar, obtida a partir da redução de areia a alta temperatura e de cloreto de metilo, obtido por condensação de metanol com ácido clorídrico.



Equação 1 – Formação de sílica-elementar, a partir da redução de areia.



Equação 2 – Formação de cloreto de metilo, a partir da condensação do metanol com ácido clorídrico.

A reação que origina cloro-silanos ocorre num leito fluidizado de pó de silício metálico, em que um fluxo de cloreto de metilo flui a temperaturas de 250 e 350 °C e a pressões de 1 a 5 bar. É utilizado um catalisador à base de cobre e é obtida uma mistura de diferentes silanos, contendo principalmente o dimetildiclorosilano (Me_2SiCl_2).

Tabela 5- Cloro-silanos obtidos da reação de silício e cloreto de metila (Colas 1997)

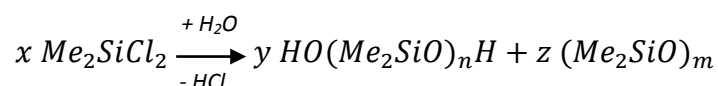
Reação	Cloro-Silanos	Rendimento	Ponto de Ebulição
x Si + y CH ₃ Cl	Me ₂ SiCl ₂	> 50%	70,0°C
	MeSiCl ₃	10-30%	66,4°C
	Me ₃ SiCl	< 10%	57,9°C
	MeHSiCl ₂	< 5%	41,0°C
	Outros Cloro-Silanos	5%	-

A reação é exotérmica e tem um rendimento de 85 a 90%. Os vários silanos são separados por destilação.

O dimetildiclorosilano que é separado torna-se o monômero utilizado na preparação da hidrólise dos polidimetilsiloxanos (PDMS).

2. Hidrólise dos Cloro-Silanos

Os polidimetilsiloxanos são obtidos a partir da hidrólise ácida do dimetilclorosilano na presença de excesso de água, de acordo com:



Linear

Cíclico

Equação 3- Formação de polidimetilsiloxanos, a partir da hidrólise ácida do dimetildiclorosilano.

Com n=20-50 e m= 3,4,5 (principalmente 4)

Esta reação é exotérmica e gera um di-silanol, o Me₂Si(OH)₂, que atua como catalisador, originando uma mistura de silicones lineares e cíclicos, cuja composição e proporção varia conforme as condições de reação (Colas 1997).

3. Polimerização e Policondensação

De acordo com Colas (1997), os oligômeros lineares e cíclicos obtidos por hidrólise do dimetildiclorosilano têm uma cadeia muito curta para a maioria das aplicações, tendo que ser condensados (lineares) ou polimerizados (cíclicos), para originarem macro-moléculas de

comprimento suficiente. Os compostos cíclicos (R_2SiO) são abertos e polimerizados, por compostos ácidos ou bases, para formarem cadeias lineares longas. Por seu lado, os compostos lineares sofrem condensação intermolecular de terminais SiOH, para originar cadeias mais longas.

3.4.4 Propriedades dos Silicones

Os silicones são compostos únicos no que diz respeito às suas propriedades físico-químicas e à sua gama de aplicações.

A baixa eletronegatividade do silício (1,8) leva a uma ligação Si-O muito polarizada, altamente iónica e com uma elevada energia de ligação (108 kcal/mol). Este valor explica parcialmente a estabilidade dos silicones. A ligação Si-O é altamente resistente à cisão homolítica.

O carácter fortemente polar das ligações Si-O deveria conduzir a fortes interações intermoleculares, não fosse o facto dos grupos metil ligados ao átomo de silício protegerem a cadeia principal. A cadeia de siloxano adota normalmente uma configuração que expõe ao máximo os grupos metilo para o exterior, formando barreiras hidrofóbicas protetoras.

Em adição, os átomos de silício não formam ligações duplas ou triplas estáveis do tipo sp^2 ou sp com outros elementos, permitindo que haja rotação da ligação entre o átomo de silício e o outro átomo ao qual está ligado (Colas 1997). A cadeia de silicone apresenta assim uma elevada flexibilidade molecular, que é a responsável pela sua baixa temperatura de transição vítrea (cerca de $-100\text{ }^\circ\text{C}$) e pela sua capacidade especial de amaciamento (Schindler e Hauser 2004).

Todos os silicones, exceto as ceras, são líquidos à temperatura ambiente, e a sua viscosidade é mais dependente do seu grau de polimerização do que da temperatura (Souza 2007).

3.5 Emulsões

As emulsões são sistemas dispersos contendo pelo menos duas fases líquidas imiscíveis entre si, onde uma das fases está totalmente dispersa como gotículas no interior da outra fase. Normalmente uma das fases corresponde à fase oleosa e a outra à fase aquosa.

A dispersão das fases uma na outra forma um sistema que é termodinamicamente instável, com tendência a separar-se quando a força aplicada para obter a dispersão for cessada. Por esse motivo é que há sempre uma terceira fase, denominada emulsionante, adicionada ao sistema com o propósito de minimizar a tendência de separação das fases, estabilizando o sistema.

Uma emulsão em que a fase dispersa corresponde à fase aquosa enquanto a fase dispersante constitui a fase oleosa, é classificada como uma emulsão do tipo água em óleo, ou A/O. Por outro lado, uma emulsão em que a fase dispersa corresponde à fase oleosa, enquanto a fase dispersante constitui a fase aquosa é classificada como uma emulsão do tipo óleo em água, ou O/A (Souza 2007, Somasundaran *et al.* 2010).

Na interface das duas fases líquidas imiscíveis, as moléculas da fase aquosa são simultaneamente atraídas pela fase aquosa e repelidas pela fase oleosa, e vice-versa.

Para que umas das fases se dissolva no interior da outra fase, na forma de gotículas, é necessário fornecer energia mecânica ao sistema. No entanto, assim que o fornecimento de energia cesse, as duas fases vão voltar a separar-se, tal como representado na **Figura 7** (Bayer 2003).

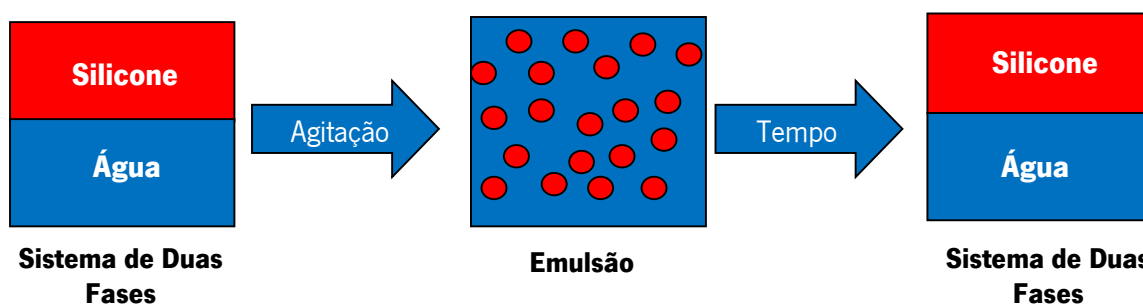


Figura 7- Representação gráfica dos acontecimentos na interface das fases de uma emulsão do tipo óleo em água. (Adaptado de Bayer 2003).

Para garantir a estabilidade de uma emulsão é necessário adicionar o referido emulsionante. O emulsionante pode ser uma substância líquida ou sólida. A sua missão é diminuir a tensão interfacial entre a fase aquosa e a fase oleosa, facilitando a difusão da fase oleosa na fase aquosa, na forma de gotículas (Sánchez 1966).

O emulsificante reduz a instabilidade termodinâmica das emulsões, tornando-as estáveis por longos períodos de tempo, tal como representado na **Figura 8**. O tipo de emulsão formada por um dado par de líquidos imiscíveis depende do volume relativo de cada fase e do agente emulsificante. Quanto maior for o volume de uma dada fase em relação à outra, é mais provável que seja o meio dispersante. O agente emulsificante também tem grande influência, por exemplo, os sabões de metais alcalinos favorecem emulsões do tipo O/A enquanto os sabões de metais pesados favorecem emulsões do tipo A/O.

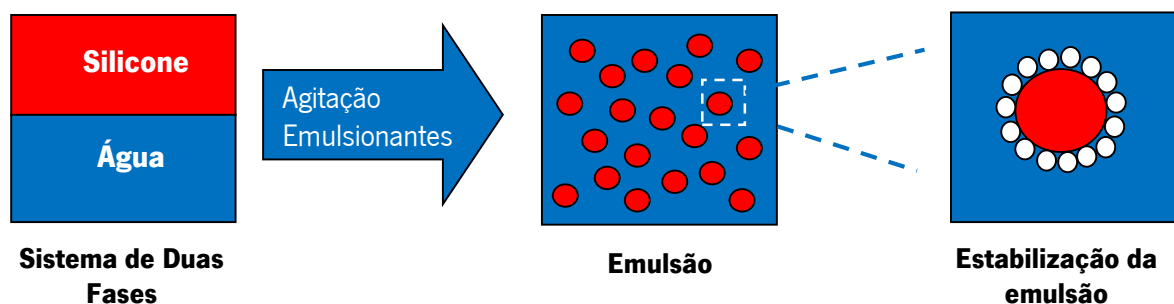


Figura 8- Representação gráfica da interface de uma emulsão de óleo em água, com a incorporação do emulsificante (Adaptado de Bayer 2003).

As emulsões são usadas numa ampla gama de aplicações, desde os cosméticos e produtos de cuidado pessoal até às tintas, têxteis e comprimidos.

3.5.1 Agentes Emulsionantes

A estabilidade e a qualidade de uma emulsão dependem, em grande parte, da escolha do emulsificante.

Os emulsionantes devem ser moléculas de caráter anfifílico, possuindo uma porção hidrofílica polar e outra porção hidrofóbica apolar na sua estrutura, conforme apresentado na **Figura 9**. O grupo hidrofílico consiste no grupo químico solúvel em água, são grupos funcionais de caráter iônico. O grupo lipofílico diz respeito ao grupo químico solúvel em óleos e gorduras, são cadeias de hidrocarbonetos mais ou menos longas, ou estruturas derivadas.

Deve haver um equilíbrio entre as porções hidrofílica e hidrofóbica do emulsificante, tornando-o capaz de se ligar tanto à fase aquosa, como à fase oleosa.

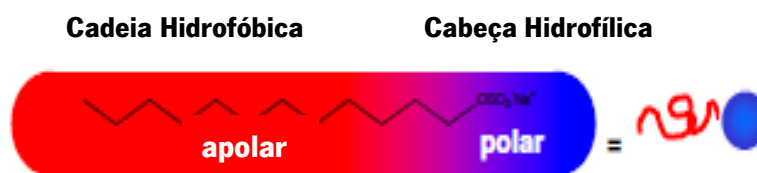


Figura 9- Estrutura de um agente emulsionante: cadeia hidrofóbica apolar (vermelho) e cabeça hidrofilica polar (azul) (Adaptado de Bayer 2003).

Os emulsionantes podem ser caracterizados conforme o seu valor de balanço hidrofílico-lipofílico (HLB), numa escala de 0 (totalmente lipofílico) a 20 (totalmente hidrofílico). Na **Tabela 6** encontra-se a relação entre os valores HLB e as características dos emulsionantes.

Tabela 6 - Relação entre os valores de HLB e as aplicações dos emulsionantes (Nunes 2009)

Valores HLB	Aplicação
3.5 – 6	Emulsionantes A/O
7 – 9	Agente molhante
8 – 15	Emulsionantes O/A
13 – 15	Detergentes
15 – 18	Solventes

Existem várias substâncias com características anfífilas, tanto de origem natural como de origem sintética. Nas de origem natural incluem-se as gomas, as proteínas, os alginatos, as pectinas, as saponinas, os esteróis e as lecitinas. As de origem sintética, que são as mais usadas atualmente, dividem-se em três grandes grupos: aniónicas, catiónicas e não-iónicas (Souza 2007, Somasundaran *et al.* 2010).

3.5.2 Emulsões de Silicone

As emulsões de silicone contêm água, óleo de silicone, emulsionantes, conservantes e outros aditivos para a estabilização da viscosidade e da congelação-descongelação. O processo de emulsificação dos silicones é bastante diferente do tradicional processo de emulsificação de hidrocarbonetos. Isto deve-se à baixa tensão superficial dos silicones e à sua incompatibilidade

com a água e com muitos hidrocarbonetos. Assim, a maioria dos emulsionantes que são considerados adequados para a emulsificação de hidrocarbonetos e gorduras não são eficazes no caso dos silicones.

Apesar de qualquer tipo de agentes tensioativos poderem ser utilizados para desenvolver emulsões de silicone, a maioria das emulsões envolve a utilização de agentes não-iônicos (Somasundaran *et al.* 2010). Os emulsionantes não iônicos são conhecidos por serem pouco suscetíveis a alterações de pH e à presença de eletrólitos e entre eles incluem-se os ésteres de polioxietilenoglicol, os ésteres de sorbitol e os copolímeros de polioxietileno/polioxitpropileno (Souza 2007).

O sucesso das emulsões de silicone está relacionado com as características especiais dos silicones emulsionantes, especialmente com a alta flexibilidade da sua cadeia principal, que é muito longa e plana, tornando possível a obtenção de uma orientação ótima na interface dos componentes da emulsão. As emulsões de silicone podem ainda apresentar um ou mais grupos funcionais hidrofílicos e hidrofóbicos que, devido à sua natureza polimérica, podem interagir com vários segmentos da interface ao mesmo tempo, resultando numa forte adsorção e permitindo que concentrações baixas resultem em emulsões muito estáveis (Somasundaran *et al.* 2010).

Classificação das Emulsões de Silicone: Tendo em conta o tipo de emulsão, as emulsões de silicone pode ser classificadas em:

a) **Macro emulsões:** São o tipo mais comum de emulsões com o tamanho de gotícula de 300 a 1000 nm. Também são denominadas de emulsões mecânicas, uma vez que são preparadas por processos mecânicos de mistura intensiva. São visivelmente opacas mas as gotículas individuais podem ser facilmente observadas por microscópio.

As macro emulsões são termodinamicamente instáveis mas são cineticamente estabilizadas por meio de agentes ativos de superfície e potenciadores de viscosidade. Esta é a forma mais comum de emulsões de silicone e são usadas em antiespumantes, produtos de higiene pessoal, alimentos, medicamentos, entre outros (Somasundaran *et al.* 2010).

b) **Emulsões mono-dispersas:** são emulsões com tamanho de partículas entre 100 nm e 400 nm e são formuladas por processos de polimerização. Estas emulsões encontram nos produtos para cuidados de cabelo, cuidados pessoais e para a casa e cuidados para a indústria, a sua maior aplicação (Somasundaran *et al.* 2010).

c) **Micro-emulsões:** são emulsões transparentes e maioritariamente estáveis, com tamanhos de partícula variando entre 10 a 100 nm. São termodinamicamente estáveis e são fabricadas através de uma escolha cuidadosa de estabilizantes e processos de mistura moderada. A maioria das aplicações destas emulsões são em indústrias têxteis e de cuidado pessoal. As micro-emulsões são caracterizadas pela sua claridade, transparência e tamanho de partícula (Somasundaran *et al.* 2010).

Uma vez que o tamanho de partícula das micro emulsões de silicone é menor, estas penetram na estrutura interna da fibra, ao passo que as macro emulsões de silicone assentam na superfície da fibra (Celik *et al.* 2010).

Aplicação na Indústria Têxtil: Os materiais têxteis são objeto de operações de acabamento com produtos específicos, que aumentam as propriedades de superfície.

Os silicones têm sido vastamente utilizados como agentes de acabamento, porque oferecem durabilidade nas modificações dos tecidos, tais como: amaciamento, elasticidade, resistência ao rasgo, toque seco ou molhado, hidrofobicidade/hidrofilidade, entre outros.

Os silicones são aplicados nos tecidos sob a forma de macro e micro emulsões, assentando à superfície ou sendo absorvidos para o interior da fibra, respetivamente, levando a uma melhoria das propriedades dos substratos têxteis (Somasundaran *et al.* 2010).

3.6 O Sistema CIELAB

3.6.1 Colorimetria

A cor é um dos principais parâmetros de avaliação dos tecidos têxteis e é muito importante que seja corretamente avaliada. Até aos anos 50 a avaliação da cor era efetuada de forma subjetiva, a olho-nu. Apenas por esta altura começaram a surgir os primeiros equipamentos para avaliação da cor e, só nos anos 70 se tornou comum o seu uso. Atualmente os equipamentos de avaliação da cor são essenciais em qualquer indústria tintureira para avaliação da cor, do grau de branco, entre outros.

Dada a complexidade da avaliação da cor e rendimento tintorial dos tecidos foram desenvolvidos alguns modelos matemáticos, baseados em experiências científicas, que quantificam a cor e fazem comparações entre cores. Os princípios da quantificação da cor que são atualmente aceites e usados pela comunidade científica são os desenvolvidos pela “Commission Internationale de l’Éclairage” (CIE). Esta comissão é considerada a mais importante na indústria têxtil e é reconhecida pela International Standards Organization (ISO) como uma entidade de normalização internacional.

3.6.2 Avaliação numérica da cor

A cor é uma característica que não é intrínseca aos materiais. Depende da fonte de iluminação, da forma como o material reflete ou absorve a luz e da capacidade visual e cerebral do observador.

A colorimetria permite descrever cada elemento da composição de uma cor numericamente, através de um aparelho apropriado. Um dos sistemas mais utilizados para medição de cores é o **CIELab**, que é obtido através das coordenadas cromáticas L^* , a^* , b^* , C^*_{ab} e h_{ab} .

A luminosidade define a escala cinza entre o branco e o preto. É expressa pela variável L^* e assume valor 0 para preto absoluto e 100 para o branco total. A tonalidade é expressa pelas cores primárias vermelho, verde, amarelo e azul, sendo representada por um plano constituído por duas retas, a^* e b^* , perpendiculares que passam pelo centro. O sistema CIELab (**Figura 10**) define as coordenadas cromáticas: $+a^*$ para vermelho, $-a^*$ para verde, $+b^*$ para amarelo e $-b^*$ para azul.

O ângulo da tonalidade, h_{ab} , é expresso em graus, sendo que $h_{ab}=0$ corresponde à cor vermelha, $h_{ab}=90$ corresponde à cor amarelo $h_{ab}=180$ corresponde à cor verde e $h_{ab}=270$ corresponde à cor azul.

A saturação da cor, C^* , é o desvio a partir do ponto correspondente ao cinza no eixo L^* (Zarubica *et al.* 2005).

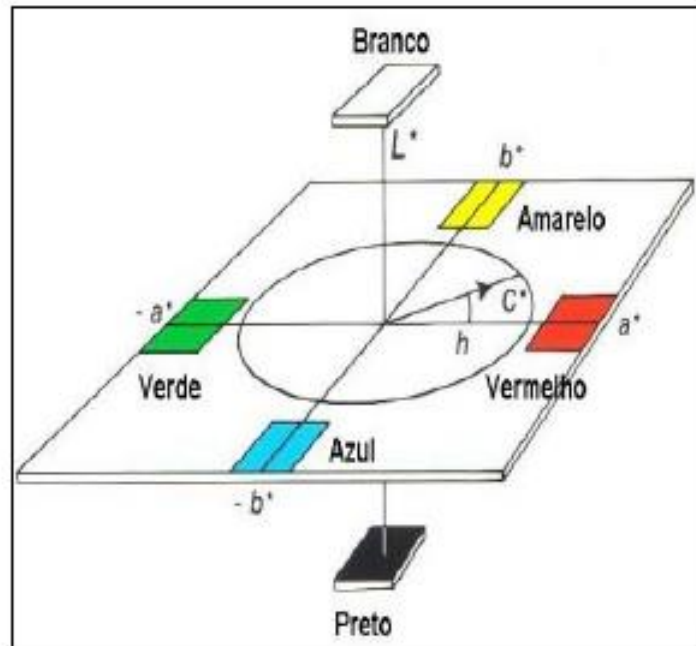


Figura 10 - Representação do sistema de cor CIELab (PETTER e Gliese 2000).

3.6.3 Iluminante

Iluminante e fonte de luz são dois conceitos distintos. Uma fonte de luz é uma entidade física que produz luz visível e um iluminante é apenas uma tabela numérica de valores da distribuição da energia espectral, não implicando a utilização de uma fonte de luz.

Existem vários tipos de iluminantes CIE, entre eles o D65, o A e o F2, constituindo os três representações standard, respetivamente, de iluminação da luz do dia, incandescente e de fontes fluorescentes.

O iluminante A representa um típico filamento de tungstênio. Comporta-se como um corpo negro à temperatura de 2856K emitindo (ou absorvendo) radiação eletromagnética em todos os

comprimentos de onda, de forma a que toda a radiação incidente seja completamente absorvida. Este iluminante deve ser usado em todas as aplicações que sejam relacionadas com a colorimetria, as quais envolvem o uso de luz incandescente.

Em 1963, a CIE recomendou o iluminante padrão D65. Apresenta uma temperatura de cor de 6504K e é utilizado para representar a média luz do dia, no espectro visível e também na região UV, até 300 *nm*.

O iluminante F2 representa uma fonte de luz fluorescente branca e fria, com a Correlated Color Temperature (CCT) de 4230K (Bernardo 2009).

3.6.4 Brancura de Berger

A brancura é definida como uma medida da quão perto uma superfície coincide com as propriedades de um difusor refletor perfeito, ou seja, uma superfície de reflexão ideal que não absorve nem transmite a luz, mas reflete-a em intensidades iguais em todas as direções. A cor de tal superfície é conhecida como branca.

A brancura de Berger foi desenvolvida por A. Berger e apresentada em 1959. É especificada para o iluminante C e observador padrão 2°. Contudo a equação é comumente utilizada para outro tipo de iluminantes e observadores.

$$WI = 0,333 Y + 125 \frac{Z}{Z_0} - 125 \frac{X}{X_0}$$

Equação 4 – Cálculo da Brancura de Berger (WI)

Onde: X, Y e Z são os valores tristímulos da amostra medida e X₀ e Z₀ representam os valores tristímulos do iluminante utilizado para a medição.

Quanto maior for o valor da brancura de Berger, maior é o grau de branco da amostra.

3.7 Força de Penetração da Agulha

O ensaio da força de penetração da agulha permite determinar a costurabilidade do tecido. A costurabilidade, conhecida por “sewability” em inglês, traduz-se na apetência e comportamento que os materiais têxteis (tecido e linhas) apresentam quando submetidos a uma operação de costura. Assim, é essencial para a indústria de confeções que todos os materiais têxteis apresentem uma boa costurabilidade.

As operações de tingimento ou acabamento podem tornar as malhas ásperas ou secas, perdendo parte da sua flexibilidade natural. Por interferirem com a mobilidade dos fios, estas alterações afetam as propriedades físicas das malhas e influenciam o seu comportamento durante a costura, favorecendo o aparecimento de defeitos.

Através da análise de diferentes fatores que influenciam a capacidade de deslizamento e mobilidade dos fios, concluiu-se que todas as operações de acabamento que diminuem a tenacidade ou tornem frágeis os fios, exercem uma influência negativa sobre a costurabilidade. Nos tecidos e malhas à base de fibras celulósicas verificou-se que as operações que mais diminuem a aptidão à costura são, entre outros, a fervura e o branqueio muito intensos, o tempo de tingimento elevados, a sobre-secagem e as condições de condensação ou fixação muito intensas.

De acordo com Rocha (1996), através destas conclusões foi possível proceder-se à formulação de produtos químicos que visam melhorar as propriedades friccionais de materiais têxteis nessas condições, sendo eles: os amaciadores derivados de ácidos gordos (amaciadores tradicionais), os produtos à base de silicone e os amaciadores específicos para a costura.

Para estudar o efeito dos amaciadores na costurabilidade, é usado o teste da força de penetração da agulha. Segundo Leeming e Munden (1978) valores da força de penetração da agulha maiores traduzem-se numa menor costurabilidade do tecido.

O sistema de instrumentação utilizado é composto por o elemento a ser medido, força de penetração da agulha, o meio de deteção de sinal, transdutor piezoelétrico de quartzo, o equipamento de condicionamento de sinal, que processa o sinal emitido pelo transdutor, e o instrumento de visualização, que apresenta qualitativa/quantitativamente os resultados obtidos (Rocha 1996).

Os ensaios são efetuados através da utilização de uma máquina de corta e cose que possui vários sensores: sensor para as tensões da linha, sensor para a força do calcador, sensor na barra de agulhas para medir a força de penetração da agulha, entre outros. Este último, colocado na barra da agulha mede a força de penetração da agulha, resultante de uma leitura de três picos:

Pico 1: instante em que agulha toca o tecido;

Pico 2: momento em que a agulha penetra no tecido;

Pico 3: momento de retirada da agulha do tecido

Os resultados das leituras dos picos 1, 2 e 3 são quantificados usando um programa especialmente desenvolvido e aperfeiçoado para esse efeito e, tratados de acordo com os objetivos de avaliação pretendidos (Carvalho *et al.* 2009, Vidrigo 2011).

3.8 Hidrofilidade

A hidrofilidade traduz-se na capacidade de um substrato têxtil em absorver e reter a água (Moser 2011). O algodão é naturalmente hidrofílico devido à presença do grupo –OH na sua cadeia de celulose. Esses grupos –OH formam pontes de hidrogénio com o –H presente na água, assegurando a atração da molécula de água com a fibra de celulose.

É sabido que os silicões são hidrófobos, ou seja, repelentes à água. Quando um tecido se encontra acabado com silicone, ou com qualquer outro amaciador para esse efeito, a hidrofilidade do tecido é diminuída. Contudo, este fenómeno pode ser alterado se o silicone sofrer uma modificação organo-funcional que permita que este possa interagir com a água, da mesma maneira que a celulose o faz (Creacion 2014).

3.9 Toque

O “toque” (“fabric hand” ou “handle” em inglês) é uma propriedade muitas vezes determinante para o sucesso ou insucesso de um produto têxtil, que engloba propriedades mecânicas, de conforto, de uso e sensoriais (Jakubczyk 2005, Matsudaira 2006). O toque condiciona a confeccionabilidade e o conforto experimentado pelo portador.

Existe uma diferença fundamental entre a percepção do toque quando se veste uma peça de vestuário e do toque de uma superfície têxtil com a mão. Quando se veste uma peça de vestuário trata-se do toque passivo, onde o portador não procura intencionalmente obter informação precisa do vestuário, sendo a informação simplesmente imposta à pele. No processo de tocar um tecido com as mãos, trata-se de um toque ativo onde o avaliador passa a mão intencionalmente sobre o tecido, para obter informação adicional.

Na indústria têxtil, as decisões comerciais da compra de tecidos são feitas por pessoas ou pequenos grupos de pessoas designados por “peritos têxteis”. Estas pessoas são treinadas de forma a serem capazes de avaliar a “confecionabilidade” dos tecidos. Estas decisões não são unicamente tomadas com base na avaliação tátil dos tecidos, mas também recaem sobre o tipo de matéria-prima, no conhecimento dos processos de fabricação e acabamento dos tecidos (Broega 2008).

Johansson e Vallbo (1979) realizaram um estudo para determinarem quais as zonas mais sensíveis das mãos, relativamente ao toque, tendo por base a concentração de extremidades nervosas ao longo da mão. Verificaram que as zonas mais sensíveis são a palma da mão e as pontas dos dedos, pois é onde existe uma maior concentração de extremidades nervosas.

4 Desenvolvimento Experimental

4.1 Materiais

4.1.1 Substrato têxtil

Para os ensaios de hidrofiliidade e de absorção da gota usou-se malha 100% algodão preparada com meia-branqueação, ao passo que para os ensaios de avaliação do grau de brancura utilizou-se a mesma malha, mas preparada com branqueação ótica. Para os ensaios de avaliação da força de penetração da agulha utilizou-se felpo com 95% de algodão e 5% de viscose, preparado com meia-branqueação. A escolha dos substratos têxteis foi feita pela empresa, de acordo com os seus interesses.

Os processos de branqueação foram realizados segundo o procedimento interno da empresa.

4.1.2 Reagentes

Para a primeira parte do estudo foram utilizados micro e macro amaciadores de silicone com as características detalhadas na **Tabela 7**. Para a segunda parte do estudo foram utilizados 4 tipos diferentes de amaciadores: um macro amaciador de silicone, um micro amaciador de silicone, um amaciador de polietileno e um amaciador de ácidos gordos. As características dos amaciadores encontram-se especificadas na **Tabela 8**.

Todos os amaciadores foram produzidos e fornecidos pela empresa Ledechem.

Tabela 7 - Descrição das características dos amaciadores utilizados na 1ª parte do estudo

Tipo Amaciador	Formulação	Caráter Iônico	Aspetto	pH	Densidade (kg.m⁻³)	Massa Seca (%)
Micro Amaciador de Silicone	Ledesoft SIR	catiônico	líquido transparente	4,669	0,959	19,32
	Ledemin A2	não iônico	líquido transparente	6,486	0,915	15,70
Macro Amaciador de Silicone	Ledesoft MR	catiônico	líquido branco	6,215	0,902	26,32
	Ledesoft SMS	não iônico	líquido amarelo	4,641	0,974	31,73

Tabela 8- Descrição das características dos amaciadores utilizados na 2ª parte do estudo

Tipo Amaciador	Formulação	Caráter Iônico	Aspetto	pH	Densidade (kg.m⁻³)	Massa Seca (%)
Micro Amaciador de Silicone	Ledemin A2	não iônico	líquido transparente	6,486	0,915	15,70
Macro Amaciador de Silicone	Ledesoft MR	catiônico	líquido branco	6,215	0,902	26,32
Amaciador de ácidos gordos	Ledesoft Cat	catiônico	líquido branco	2,112	11	10,27
Amaciador de polietileno	Lepolit NPE 35	não iônico	líquido amarelado	8,906	20	15,42

4.2 Métodos

4.2.1 Branqueamento

Para os ensaios de avaliação do grau de branco e das coordenadas da cor, foi utilizada malha com branqueamento ótico. Para os restantes ensaios a malha apenas sofreu uma meia-branqueação. Tanto a meia-branqueação, como o branqueamento ótico foram feitos de acordo com as receitas internas da empresa.

A receita da meia-branqueação é constituída por 5 gL⁻¹ soda cáustica (NaOH) líquida, 6 gL⁻¹ de peróxido de hidrogénio (H₂O₂) e 2 gL⁻¹ Dyepol Jet (detergente).

A receita do branqueio ótico é constituída por 2 gL⁻¹ Dyepol Jet, 6 gL⁻¹ NaOH, 8 gL⁻¹ H₂O₂ e 0,75% Ledephor NS líquido (branqueador)

Os processos de branqueamento são realizados numa máquina de lavar comercial, a uma temperatura de 90°C, durante cerca de 30 min.

Após o branqueamento a amostra sofre um processo de secagem natural, ficando apta para a posterior aplicação dos amaciadores.

4.2.2 Aplicação dos amaciadores

Foram preparados diferentes banhos de amaciamento, com 200 mL de volume, contendo água e diferentes concentrações de cada um dos amaciadores (10, 20, 30 e 40 g/L).

Para aplicação dos amaciadores, mergulharam-se as amostras durante 45 s no banho de amaciamento, após os quais foram impregnadas usando um *foulard* (**Figura 11**) com uma taxa da expressão de 65%. A taxa de expressão exprime a quantidade de banho que a amostra absorve e é definida pela **Equação 5**.

$$T.E. (\%) = \frac{\text{massa do tecido molhado} - \text{massa do tecido seco}}{\text{massa do tecido seco}} \times 100$$

Equação 5 – Cálculo da taxa de expressão do *foulard*

Após impregnação as amostras foram submetidas a secagem a 110°C durante 10 minutos e termofixação a 180°C durante 45 s. Os processos de secagem e termofixação foram realizados na estufa Thermocenter da SalvisLab (**Figura 12**). As amostras sem amaciador apenas foram submetidas ao processo de termofixação.

O tempo de mergulho das amostras no banho e o tempo e a temperatura de secagem e termofixação foram determinados pela empresa, com base nos seus procedimentos internos.



Figura 11 - Foulard laboratorial utilizado para aplicação dos amaciadores.



Figura 12 - Estufa Thermocenter da SalvisLab utilizada para os processos de secagem e termofixação.

4.2.3 Absorção da Gota

Para determinação da hidrofiliidade do substrato têxtil utilizou-se a técnica de absorção da gota. Sobre o tecido amaciado com os diferentes tipos de amaciador foi deixada cair uma gota, de uma altura fixa, e cronometrou-se o tempo que decorreu desde o momento em que a gota entra em

contacto com a superfície do tecido até ser completamente absorvida. Foram feitas 3 leituras de tempo, em diferentes pontos da amostra, a partir das quais se determinou um valor médio.

O menor tempo de absorção da gota traduz-se numa melhor hidrofiliabilidade do tecido.

O ensaio foi efetuado sempre pela mesma pessoa uma vez que o tempo de reação de ativação e paragem do cronómetro varia de pessoa para pessoa.

4.2.4 Avaliação do Toque

A avaliação do toque foi efetuada por três pessoas distintas, com idades compreendidas entre os 23 e os 50 anos. As pessoas em questão têm profissões em que as mãos não estão sujeitas a agressões físicas ou químicas e são especializadas na avaliação de substratos têxteis. As amostras foram avaliadas consoante uma escala de toque, que variava entre os valores 1 e 4, sendo que o valor 1 correspondia a uma amostra com um toque mau e o valor 4 representava uma amostra com um toque ótimo.

4.2.5 Avaliação do Grau de Branco

Este ensaio teve por objetivo a comparação de substratos têxteis sem amaciador e amaciados com diferentes tipos de amaciador, a diferentes concentrações de amaciador e a diferentes temperaturas de termofixação. Os amaciadores utilizados foram: Ledemin A-2 (micro amaciador de silicone não iónico), Ledesoft SIR (micro amaciador de silicone catiónico), Ledesoft SMS (macro amaciador de silicone não iónico) e Ledesoft MR (macro amaciador de silicone catiónico).

Após aplicação dos amaciadores e secagem, os tecidos foram termofixados a duas diferentes temperaturas: 150 °C e 180 °C.

As medições do grau de branco (brancura de Berger) das amostras têxteis foram realizadas num espectrofotómetro Spectraflash SF-600 da Datacolor International (**Figura 13**), presente no Laboratório de Ultimação Têxtil do Departamento de Engenharia Têxtil da Universidade do Minho.

Foram feitas 4 leituras de grau de branco, em diferentes pontos da amostra, a partir das quais se determinou um valor médio. A leitura foi feita com a amostra dobrada, de forma a minimizar a entrada de luz através do espaço entre as fibras, que poderia afetar o valor lido.

A brancura de Berger foi selecionada como variável de resposta, definida pelo programa de otimização.

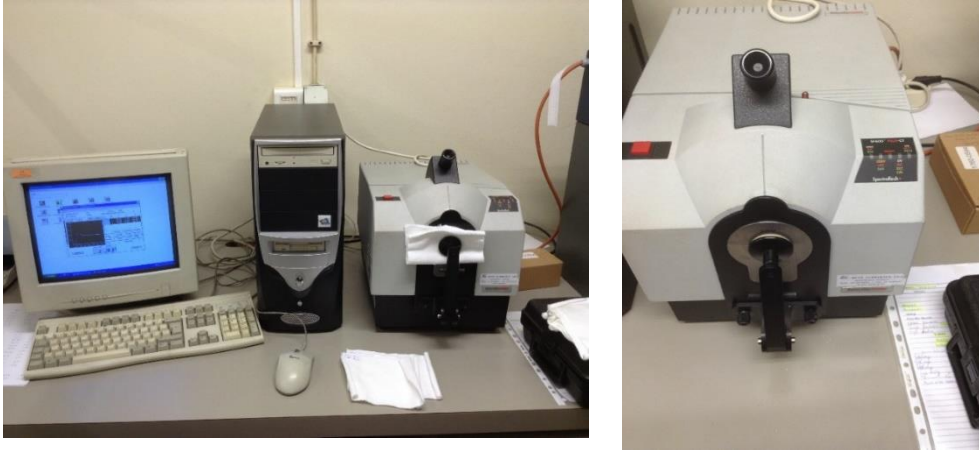


Figura 13 - Espectrofotômetro Spectraflash SF600.

4.2.6 Coordenadas da Cor

Este ensaio encontra-se interligado com o ponto **4.2.5**, executando-se da mesma forma, e teve por objetivo comprovar se houve ou não amarelecimento dos tecidos com o aumento da temperatura e da concentração de amaciador. Para tal, foram usadas as coordenadas da cor aplicando o método CIELab. O valor de b^* do CIELab determina a diferença entre o azul e o amarelo, sendo que quanto mais negativo for o valor de b^* , mais perto do azul se encontra a cor e quanto mais positivo for o valor de b^* , mais perto do amarelo se encontra a cor.

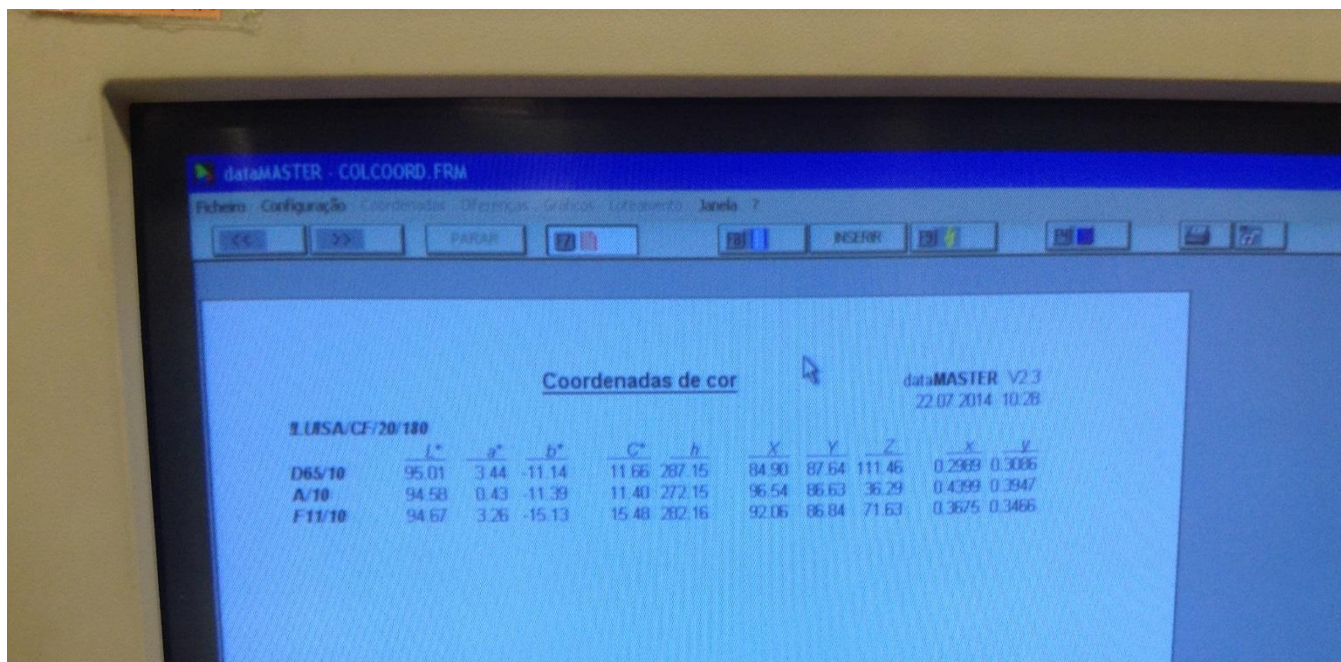


Figura 14 - Interface do programa computacional que fornece as coordenadas da cor.

4.2.7 Força de Penetração da Agulha

Este ensaio teve por objetivo avaliar a força de penetração da agulha e consequentemente a costurabilidade em tecidos amaciados com diferentes tipos e diferentes concentrações de amaciadores. Deste modo, foram utilizados: um amaciador de ácidos gordos (Ledsoft Cat), um amaciador de polietileno (Lepolit NPE 35), um micro amaciador de silicone (Ledemin A-2) e um macro amaciador de silicone (Ledsoft MR), a concentrações de 10, 20 e 30 g/L.

O ensaio foi realizado na máquina de corta e cose apresentada na **Figura 15**. O procedimento efetuado foi sempre o mesmo, tendo sido usada a agulha de dimensão Nm 90/14, a 2000 pontos por minuto, sem linha e com n° de folhas igual a 1. A utilização da agulha respeitou sempre a mesma convenção: mudança após cada tipo de amaciador.

Os provetes de dimensão 40 cm × 10 cm eram colocados com o direito do tecido para cima e foi feito um ensaio em cada amostra, consistindo em três costuras de 10 pontos cada.

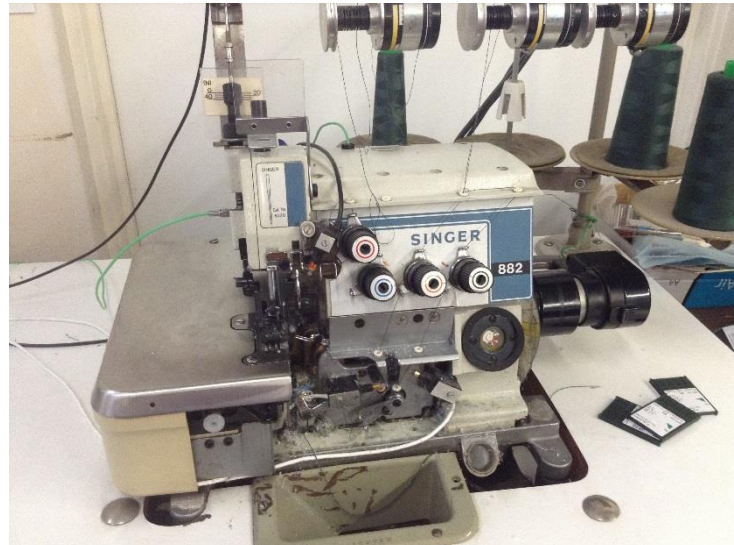


Figura 15- Máquina de corta e cose utilizada para o ensaio da força de penetração da agulha.

5 Resultados e Discussão

Os amaciadores utilizados nos acabamentos têxteis estão entre os mais importantes auxiliares que podem conferir um toque agradável e macio, tornando o material mais liso, com maior flexibilidade e maleabilidade. No entanto, podem também diminuir a hidrofiliidade, favorecer a formação de borboto e originar amarelecimento. Os amaciadores atuam sobretudo à superfície das fibras, por interações iônicas, podendo também penetrar no interior das fibras.

Ao longo da preparação os materiais têxteis podem tornar-se menos resistentes, uma vez que os óleos e as ceras naturais são removidas. O amaciamento pode superar esta deficiência e “repor” a elasticidade original. Outras características dos materiais, como as propriedades anti-estáticas e a costurabilidade, poderão melhorar com a introdução dos amaciadores. Deste modo, é de extrema importância efetuar-se a avaliação dos amaciadores, realizando ensaios de hidrofiliidade, de toque, de amarelecimento e de costurabilidade.

O trabalho efetuado baseou-se na análise e avaliação do efeito da aplicação de diferentes tipos de amaciadores comerciais sobre substratos têxteis.

Todos os amaciadores avaliados são produzidos pela Ledechem. No entanto as suas matérias-primas são produzidas por outras empresas fornecedoras, não sendo possível ter acesso às suas composições químicas e formulações, uma vez que cada empresa prima pela confidencialidade em relação à formação do seu produto. Assim sendo, a discussão de resultados assentará mais sobre um ponto de vista técnico e menos sobre um ponto de vista científico.

5.1 Avaliação de Macro e Micro Emulsões de Silicone

Esta parte do estudo baseou-se na avaliação de macro e micro emulsões de silicone, com caráter catiónico e não iónico. Foram utilizados os amaciadores Ledesoft SMS, Ledesoft MR, Ledesoft SIR e Ledemin A2, que são produzidos e comercializados pela Ledechem. (Consultar **Tabela 7**)

Foram realizados ensaios de hidrofiliidade, de toque, de grau de brancura e de amarelecimento, de modo a comparar os diferentes tipos de amaciador.

5.1.1 Avaliação da Hidrofilidade e Toque

Globalmente e de acordo com a **Figura 16**, verificou-se que a aplicação de amaciadores diminuiu a hidrofilidade dos substratos têxteis, uma vez que o tempo de absorção da gota foi muito menor nos substratos sem amaciador. Verificou-se ainda que a hidrofilidade diminuiu com o aumento da concentração de amaciador.

Os amaciadores catiônicos providenciam uma superfície hidrofóbica e pobres propriedades de humedecimento, uma vez que os seus grupos hidrofóbicos estão orientados para o exterior da superfície da fibra (Schindler e Hauser 2004). Logo, os amaciadores catiônicos apresentam uma menor hidrofilidade, que foi o que se verificou no caso do Ledesoft MR e do Ledesoft SIR.

Os amaciadores não iônicos são conhecidos pela sua capacidade de ação prolongada e hidrofilidade. Neste caso, verificou-se que os amaciadores não iônicos (Ledesoft SMS e Ledemin A2) são os que absorvem a gota mais rapidamente.

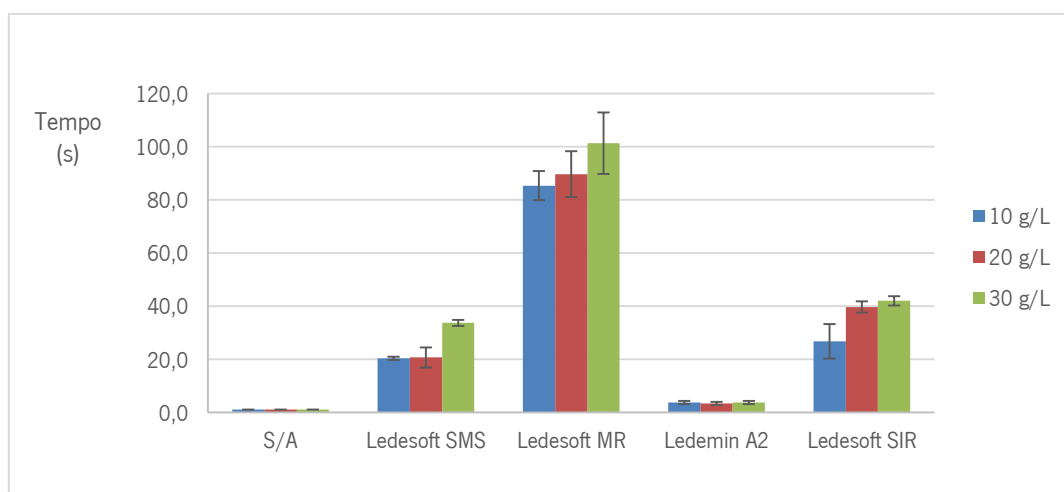


Figura 16- Tempo de absorção da gota de macro e micro emulsões de silicone.

Em relação ao toque, verificou-se que os substratos têxteis que sofrem o processo de amaciamento apresentaram sempre um melhor toque comparativamente com os substratos têxteis não amaciados, sendo que estes últimos têm um toque considerado nulo.

De acordo com a **Figura 17** verificou-se que os amaciadores que proporcionaram um melhor toque foram os macro amaciadores de silicone. Este tipo de amaciadores ficam adsorvidos à superfície do substrato têxtil, proporcionando um efeito de amaciamento bastante agradável.

A termofixação aplicada após impregnação destes amaciadores à fibra, forma uma espécie de filme permanente à superfície do substrato têxtil, conferindo-lhe uma ótima lubrificação e um toque tridimensional, o que resulta num acabamento elastomérico combinando elasticidade com flexibilidade. Na linguagem comercial este tipo de amaciadores tem um toque “super seda”.

Já os micro amaciadores de silicone, foram os que proporcionaram o pior toque. A aplicação das micro emulsões é feita através da sua absorção para o interior da fibra, o que justifica o seu pior toque.

Entre os macro amaciadores, o que apresentou o toque mais agradável foi o amaciador catiónico. Isto justifica-se porque os amaciadores catiónicos orientam-se com as suas extremidades positivas para a fibra carregada negativamente, criando uma superfície de cadeias de carbono hidrofóbicas, que providenciam um excelente amaciamento e lubricidade (Schindler e Hauser 2004).

Por sua vez, a Ledemin A-2 foi a micro emulsão que apresentou o pior toque. Tal aconteceu porque se trata de um amaciador não iónico e este tipo de amaciador costuma proporcionar um baixo efeito de amaciamento e, conseqüentemente um mau toque (Schindler e Hauser 2004).

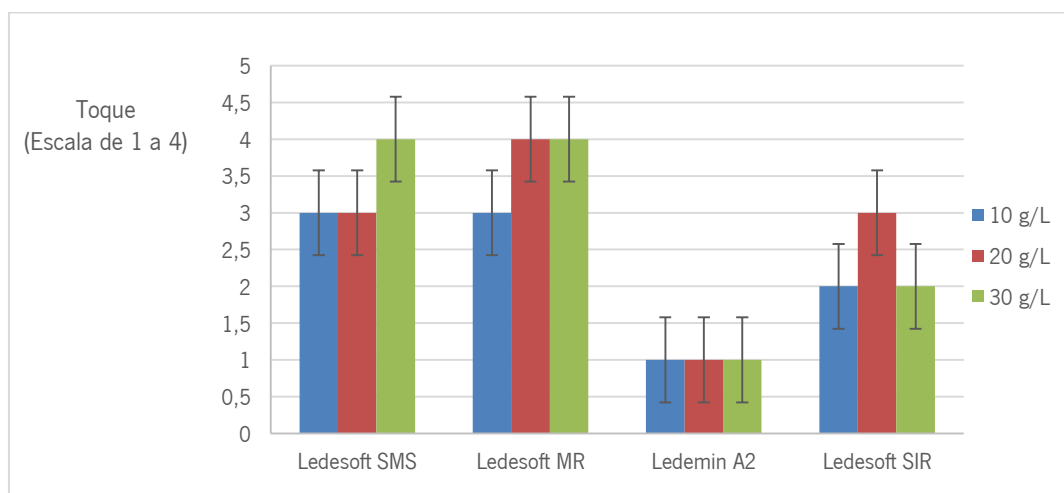


Figura 17- Toque dos substratos têxteis amaciados com diferentes tipos de amaciador; **Escala de Toque: 1-** Mau; **2-** Razoável, **3-** Bom, **4-** Ótimo.

Na generalidade, os amaciadores que proporcionam melhor toque apresentam pior hidrofiliidade. Este facto confirmou-se pelo comportamento do amaciador Ledesoft MR.

Por outro lado, a Ledemin A2 foi o amaciador que apresentou melhor hidrofiliidade e pior toque.

5.1.2 Avaliação do Grau de Brancura

A presença de amaciadores sobre os tecidos aumenta o perigo de amarelecimento dos tecidos aquando da passagem a ferro (Castro e Araújo 1986). Assim, e de modo a perceber se os amaciadores avaliados influenciam o grau de brancura e o amarelecimento dos tecidos, efetuaram-se estudos usando o método CIELAB, com amostras termofixadas a 150 °C e a 180 °C.

Relativamente às amostras termofixadas a 150 °C e, comparando as amostras sem amaciador e as amostras amaciadas, constatou-se que a aplicação de amaciadores influenciou negativamente o grau de brancura dos substratos têxteis, conforme a **Figura 18**.

Observou-se ainda que a esta temperatura de termofixação os macro amaciadores de silicone influenciaram negativamente os substratos, uma vez que apresentaram valores mais baixos para o grau de brancura. Este resultado vai de encontro ao esperado, pois segundo Celik *et al.* (2010) as macro emulsões de silicone assentam na superfície da fibra e são termodinamicamente instáveis.

Ao depositarem-se na superfície das fibras, as macro emulsões formam uma película à superfície, que tende a amarelecer quando o substrato é submetido a elevadas temperaturas.

Ao contrário dos macro amaciadores de silicone, os micro amaciadores de silicone penetram no interior da fibra. Isto faz com que estes apresentem uma melhor performance relativamente ao grau de brancura, pois não amarelecem os substratos têxteis tão facilmente com a temperatura. Observou-se também que é uniforme a diminuição do grau de brancura com o aumento da concentração de amaciador.

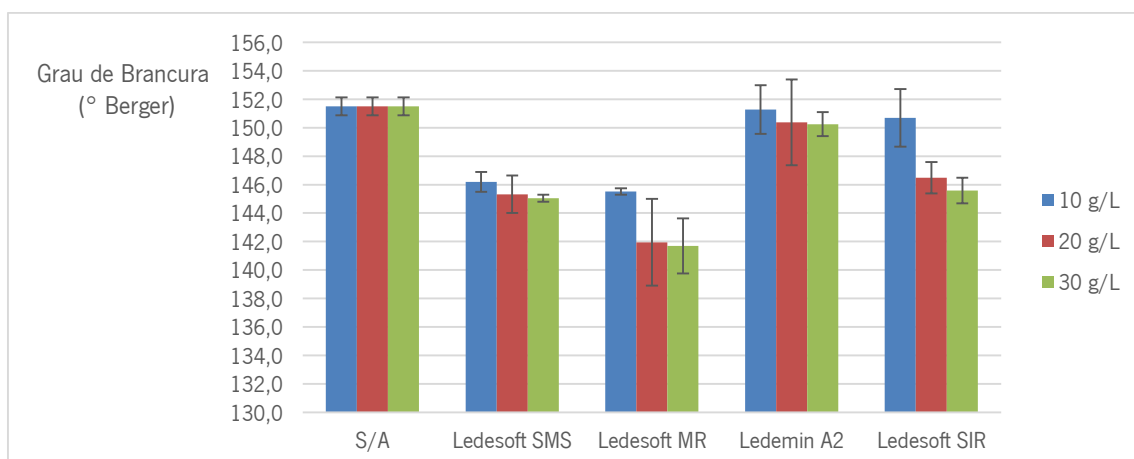


Figura 18- Influência da termofixação a 150 °C no Grau de Brancura dos substratos sem amaciador e amaciados com diferentes tipos de amaciador.

De acordo com a **Figura 19**, verificou-se que com o aumento da temperatura de termofixação de 150 °C para 180 °C, o grau de brancura dos substratos têxteis, com e sem amaciador, diminuiu. Porém os substratos sem amaciador continuaram a apresentar os maiores valores do grau de brancura.

Por sua vez, os micro amaciadores de silicone continuaram a exibir uma melhor performance relativamente ao grau de brancura, comparativamente com os macro amaciadores de silicone, sendo que a justificação para que tal suceda é a mesma que foi dada anteriormente.

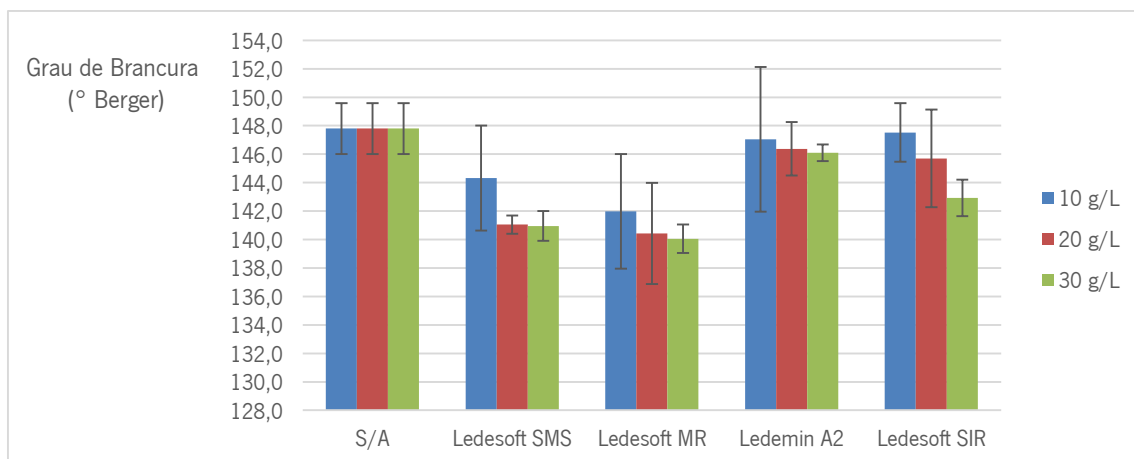


Figura 19- Influência da termofixação a 180 °C no Grau de Brancura dos substratos sem amaciador e amaciados com diferentes tipos de amaciador.

5.1.3 Avaliação das Coordenadas da Cor

O amarelecimento pode ser definido como uma descoloração amarelada que se pode desenvolver no tecido durante a sua fabricação, uso ou armazenamento. (ABQCT, 2008)

A coordenada cromática b do Sistema CIELab define a diferença entre a cor amarelo e azul, visto que valores positivos de b correspondem à cor amarelo e valores negativos à cor azul.

Para comprovar os resultados do ponto **5.1.2**, procedeu-se à avaliação das coordenadas da cor, de modo a auferir se realmente o grau de amarelecimento das amostras é influenciado pela temperatura.

Analisando a **Figura 20**, observou-se que os valores de b das amostras com amaciador foram superiores aos valores de b das amostras sem amaciador. Isto vem confirmar que a aplicação de amaciador sobre substratos têxteis leva ao amarelecimento dos mesmos, quando sujeitos a elevadas temperaturas.

Confirmou-se ainda que as macro emulsões de silicone têm uma maior tendência a amarelecer os tecidos comparativamente com as micro emulsões de silicone, pois apresentaram maiores valores de b. A justificação para que tal aconteça é, tal como foi referido anteriormente, o facto de os macro amaciadores assentarem sobre a superfície ao passo que os micro amaciadores penetram no interior da fibra.

Verificou-se ainda que o macro amaciador catiónico apresentou um maior valor de b em relação macro amaciador não iónico. O micro amaciador catiónico apresentou um maior valor de b comparativamente com o micro amaciador não iónico, ou seja, os amaciadores catiónicos apresentaram, no geral, um maior grau de amarelecimento.

Isto vai de encontro ao esperado pois os substratos têxteis tratados com amaciadores catiónicos são mais propensos a amarelecer do que aqueles tratados com amaciadores não iónicos, uma vez que os agentes catiónicos têm maior tendência a causar amarelecimento após uma prolongada secagem por calor (ABQCT, 2008).

O aumento da concentração de amaciador originou um aumento do amarelecimento dos substratos têxteis.

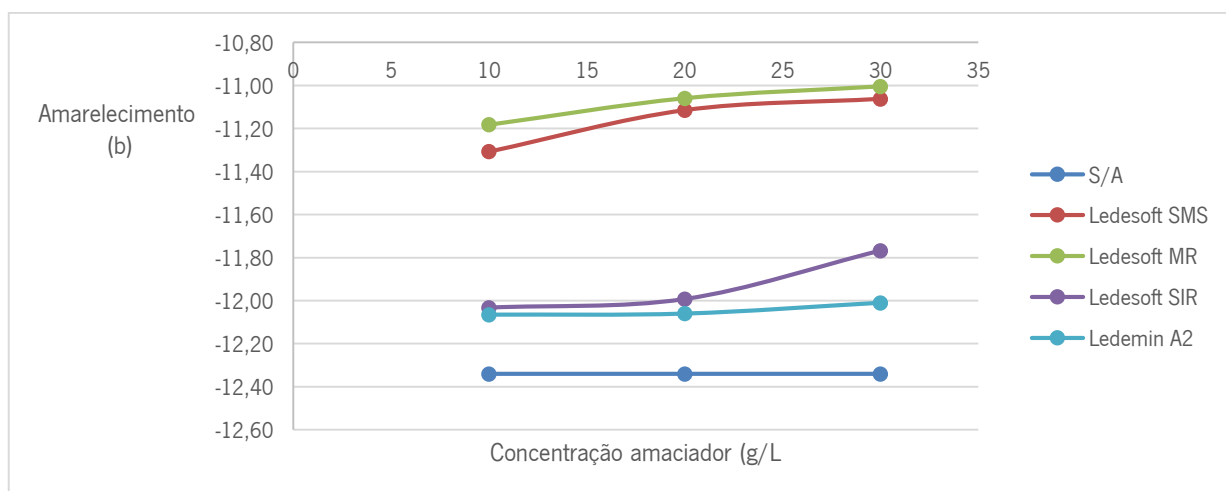


Figura 20- Amarelecimento dos substratos têxteis sem amaciador e amaciados com diferentes tipos de amaciador, termofixados a 150 °C.

De acordo com a **Figura 21** e comparando a aplicação da termofixação dos substratos têxteis a 150 °C e a 180 °C, verificou-se que o aumento da temperatura de termofixação originou um aumento do amarelecimento. Esta foi a única alteração visível em relação à **Figura 20**, pois o comportamento dos substratos com e sem amaciador continuou a ser idêntico a esta temperatura de termofixação. As macro emulsões obtiveram um maior amarelecimento dos substratos têxteis em relação às micro emulsões. Os amaciadores catiônicos apresentaram um pior comportamento em relação ao amarelecimento, do que os amaciadores não iônicos.

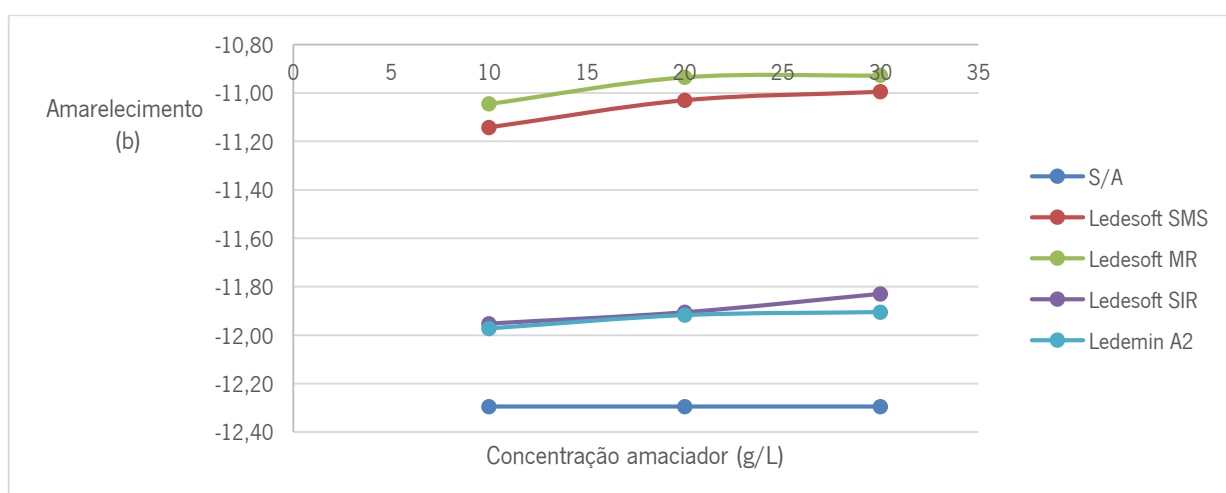


Figura 21- Amarelecimento dos substratos têxteis sem amaciador e amaciados com diferentes tipos de amaciador, termofixados a 180 °C.

5.2 Costurabilidade – Avaliação da Força de Penetração da Agulha de Diferentes Tipos de Amaciador

Uma boa costurabilidade é o requisito fundamental que todos os materiais têxteis devem apresentar. No entanto, esta propriedade está relacionada com uma grande diversidade de fatores, pelo que é difícil quantificá-la. A sua avaliação tem-se baseado na verificação *a posteriori* de alguns parâmetros relacionados com o produto final e com a costura produzida (Rocha 1996).

O estudo da força de penetração da agulha permite avaliar a costurabilidade de um material têxtil.

5.2.1 Avaliação da força do impacto inicial da agulha com o tecido – Pico 1

Segundo Leeming e Munden (1978), quanto menor for a força de penetração da agulha, melhor é a costurabilidade do substrato têxtil. Analisando a **Figura 22** verificou-se que a aplicação de amaciadores melhorou a costurabilidade dos tecidos, uma vez que os substratos sem amaciador foram os que apresentaram valores mais elevados para a força de penetração da agulha no pico 1. O aumento da concentração de amaciador melhorou, em quase todos os casos, a costurabilidade.

Os amaciadores de silicone foram os que apresentaram melhores resultados, pois os valores das forças de penetração da agulha para o impacto inicial da agulha com o tecido foram os mais baixos. Entre os dois amaciadores de silicone analisados, o Ledesoft MR foi o que obteve um melhor desempenho. De acordo com Michael J. Abadi (ABQCT, 2001) as macro emulsões de silicone apresentam uma melhor costurabilidade em relação às micro emulsões, uma vez que a macropartícula envolve a fibra externamente, aumentando assim o seu efeito de lubrificação. O amaciador de ácidos gordos e o amaciador de polietileno foram, por sua vez, os que apresentaram piores desempenhos, sendo que o Lepolit NPE 35 apresentou valores da força de penetração da agulha superiores aos obtidos pelo Ledesoft Cat (amaciador de ácidos gordos catiónico). A justificação para isso reside no facto de os amaciadores de polietileno se incluírem na categoria dos amaciadores não iónicos, possuindo uma boa estabilidade térmica e mantendo a hidrofiliidade, tendo contudo uma menor capacidade “suavizante” em relação aos amaciadores catiónicos.

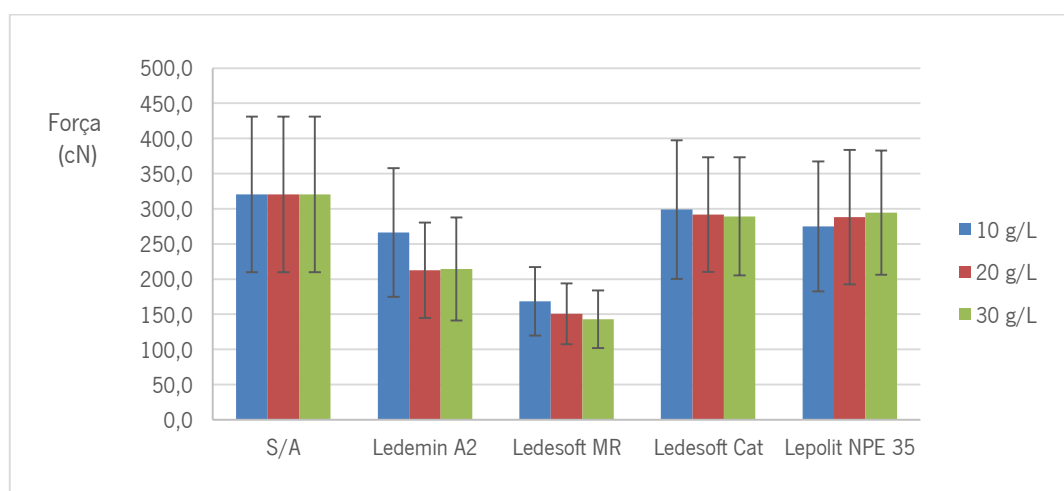


Figura 22- Valores médios da força de impacto inicial da agulha- Pico 1.

Contudo, os resultados obtidos não deixaram de ser inesperados uma vez que os amaciadores de polietileno são normalmente conhecidos pela sua excelente costurabilidade. No trabalho realizado por Vidrago (2011) verificou-se que as formulações que obtiveram menores forças de penetração da agulha foram amaciadores de polietileno e uma combinação entre amaciador de polietileno + micro amaciador de silicone catiónico.

Este estudo veio assim questionar a capacidade de costurabilidade dos amaciadores de polietileno, apresentando um conjunto de amaciadores com melhor resultados em relação à força de penetração da agulha.

5.2.2 Avaliação da força com que a agulha penetra no tecido – Pico 2

O Pico 2 representa a força de entrada da agulha no tecido. Pela análise da **Figura 23** constatou-se que o Ledesoft MR apresentou os melhores resultados para todas as concentrações. A tendência de resultados desta força de penetração é semelhante à do Pico 1 apresentada previamente, pelo que a justificação é a mesma.

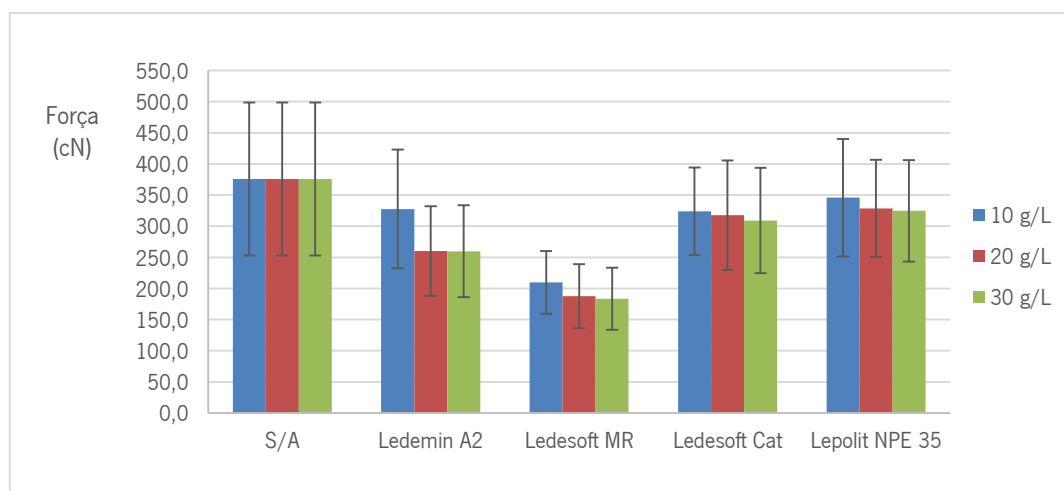


Figura 23- Valores médios da força com que a agulha penetra no tecido – Pico 2

5.2.3 Avaliação da força da retirada da agulha no tecido – Pico 3

O último pico medido pelo sensor colocado na barra da agulha é o Pico 3 e corresponde ao momento de retirada da agulha do tecido. Este pico é medido no sentido contrário ao das duas forças anteriormente referidas, assumindo valores negativos.

De acordo com a **Figura 24** os melhores resultados, traduzidos pela menor força necessária para retirar a agulha do substrato têxtil, foram obtidos pelo Ledesoft MR, com a concentração mais baixa de amaciador (10 g/L).

Observou-se que os amaciadores de silicone (Ledemin A2 e Ledesoft MR) favoreceram as forças de retirada da agulha dos substratos têxteis, obtendo valores mais baixos para o Pico 3, quando comparados com os substratos sem amaciador.

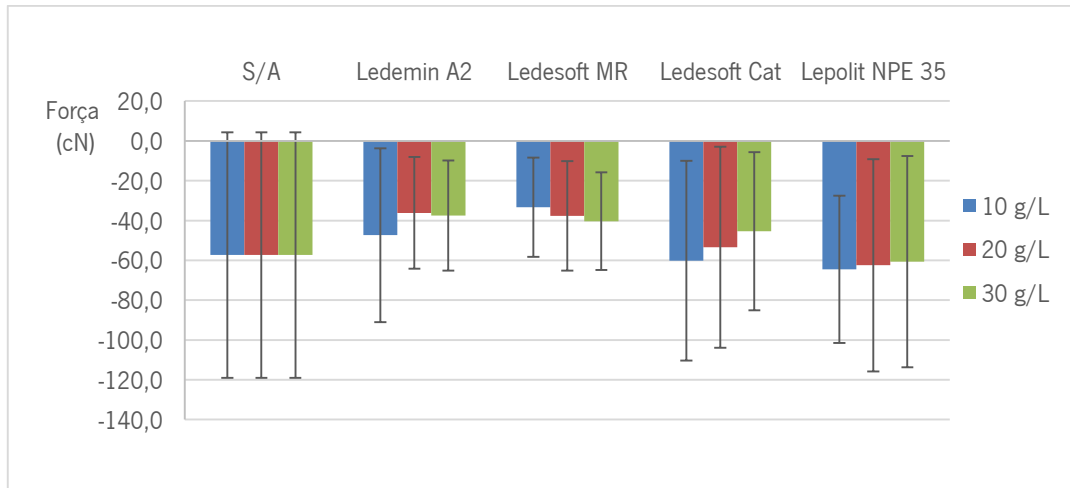


Figura 24- Valores médios da força da retirada da agulha no tecido- Pico 3.

6 Conclusões

O estudo que deu origem a esta dissertação baseou-se em duas etapas distintas: avaliação de macro e micro emulsões de silicone e avaliação da costurabilidade de diferentes tipos de amaciador.

No que diz respeito à primeira etapa, concluiu-se que o macro amaciador de silicone catiónico (Ledesoft MR) foi o que apresentou um melhor toque e pior hidrofiliidade, obtendo valores de $(3,67 \pm 0,58)$ e $(101,3 \pm 11,5)$ s para o toque e hidrofiliidade, respetivamente. O micro amaciador não iónico (Ledemin A2) teve um comportamento contrário, exibindo a melhor hidrofiliidade e o pior toque, tendo os valores de $(1,33 \pm 0,58)$ e $(3,3 \pm 0,6)$ s para o toque e hidrofiliidade, respetivamente. Confirmou-se assim a relação inversa entre hidrofiliidade e toque.

Relativamente ao grau de branco, verificou-se que a aplicação de amaciadores influenciou negativamente o grau de branco dos substratos têxteis, quando submetidos a elevadas temperaturas de termofixação. Também se constatou que quanto maior a temperatura de termofixação, maior a diminuição do grau de branco das amostras.

Através das coordenadas da cor percebeu-se que a diminuição do grau de branco leva a um aumento do amarelecimento das amostras. As macro emulsões obtiveram um maior amarelecimento em relação às micro emulsões e, os amaciadores catiónicos apresentaram um maior amarelecimento em relação aos amaciadores não iónicos. O aumento da concentração de amaciador levou a um aumento do amarelecimento dos substratos têxteis.

A avaliação da costurabilidade constituiu a segunda etapa do estudo e foi efetuada recorrendo ao teste da força de penetração da agulha. Comparando um micro amaciador de silicone (Ledemin A2), um macro amaciador de silicone (Ledesoft MR), um amaciador de ácidos gordos (Ledesoft Cat) e um amaciador de polietileno (Lepolit NPE 35), chegou-se à conclusão de que o macro amaciador de silicone foi o que apresentou os melhores resultados relativamente à costurabilidade, uma vez que obteve os valores mais baixos das forças de penetração, para os três picos. Para a concentração de 30 g/L, o Ledesoft MR, apresentou os valores de $(142,9 \pm 40,8)$ cN, $(183,4 \pm 49,8)$ cN e $(-40,3 \pm 24,5)$ cN para o pico 1, 2 e 3, respetivamente.

Por outro lado, o amaciador de polietileno foi o que apresentou a pior performance relativamente à costurabilidade, exibindo os valores de $(294,5 \pm 88,1)$ cN, $(324,7 \pm 81,5)$ cN e $(-60,7 \pm 53,1)$ cN, para o pico 1, 2 e 3, respetivamente, para a concentração de 30 g/L.

Findo o estudo foi possível concluir que os amaciadores de silicone apresentaram uma elevada qualidade e por isso mesmo são cada vez mais utilizados na indústria têxtil. Consoante o acabamento que se pretenda dar ao produto final, pode-se escolher entre usar um macro amaciador de silicone ou um micro amaciador de silicone. Os macro amaciadores de silicone têm como principais características conferir um toque agradável e encorpado e incrementar a costurabilidade. Por seu lado, os micro amaciadores de silicone têm como principais características conferir hidrofiliabilidade ao tecidos têxteis e potenciar a resistência do grau de branco quando submetidos a elevadas temperaturas.

7 Perspetivas Futuras

Como trabalho futuro poderá efetuar-se um estudo semelhante, mas realizando o amaciamento por esgotamento. Poder-se-ia deste modo comparar as diferenças entre o amaciamento por impregnação e o amaciamento por esgotamento, no comportamento dos substratos têxteis relativamente aos ensaios realizados.

Os substratos têxteis utilizados eram constituídos maioritariamente por algodão. Seria também interessante realizar-se o estudo utilizando substratos têxteis com misturas de fibras, por exemplo. Outro estudo que poderá ser realizado é a comparação dos amaciadores catiónicos, não iónicos e reativos produzidos pela Ledechem, com amaciadores catiónicos, não iónicos e reativos produzidos pela concorrência, respetivamente.

Bibliografia

ABQCT- Associação Brasileira de Químicos e Coloristas Têxteis (2008), "Revista Química Têxtil n°90": 32-35.

ABQCT- Associação Brasileira de Químicos e Coloristas Têxteis (2001), "Revista Química Têxtil n°63": 64-66.

Andreas, J., M. C. Dalmolin, I. B. de Oliveira Juniore I. O. Barcellos (2010), "Aplicação de ciclodextrinas em processos têxteis." Quim. Nova 33(4): 929-937.

Bayer, G.E. (2003), "Silicones for Textiles" Leverkusen, Alemanha.

Bernardo, M. A. V. A. (2009), "MedCor: caracterização, modelação e implementação de transformações cromáticas em imagens digitais para observadores com cromatopsia visual", Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia, Universidade da Beira Interior.

Broega, A. (2008). "Contribuição para a definição de padrões de conforto de tecidos finos de lã", Escola de Engenharia, Universidade do Minho.

Carvalho, H., A. M. Rochae J. L. Monteiro (2009), "Measurement and analysis of needle penetration forces in industrial high-speed sewing machine", The Journal of The Textile Institute 100(4): 319-329.

Castro, M.e M. d. Araújo (1986), "Manual de Engenharia Têxtil", Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.

Celik, N., Z. Degirmencie H. K. Kaynak (2010), "Effect of Nano-Silicone Softener on Abrasion and Pilling Resistance and Color Fastness of Knitted Fabrics", Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon 20(1).

CITEVE (2012) "Guia de Boas Práticas Para a Eficiência Energética no Setor Têxtil e do Vestuário", Famalicão, Portugal.

Colas, A. (1997), "Silicone Chemistry Overview" Dow-Corning Corporation, Michigan.

de Souza, P. P., G. G. Silvae L. O. F. Amaral (2004), "O Cotidiano é Meio Amorfo: Transição Vítrea, uma Abordagem para o Ensino Médio" Química Nova na Escola 20.

Freeman, G. G. (1962) "Silicones: an Introduction to their Chemistry and Applications", Iliffe Books.

Jakubczyk, J. (2005), "Evaluating the Bending Rigidity of Flat Textiles with the Use of an Instron Tensile Tester", Fibres & Textiles in Eastern Europe 13(2): 50.

Johansson, R. e Å. B. Vallbo (1979), "Detection of tactile stimuli. Thresholds of afferent units related to psychophysical thresholds in the human hand", The Journal of physiology 297(1): 405-422.

Leeming, C. A. e D. Munden (1978), "Investigations into the factors affecting the penetration force of a sewing needle in a knitted fabric and its relationship with fabric sewability", Clothing Research Journal 6(3): 91-118.

Machado, M., Morgado, J., Silva, R. (2008), "Manual Técnico do Formador-Acabamento de Substratos Têxteis", CITEVE, Famalicão.

Maria, R., Morgado, J., Silva, A. (2008), "Manual Técnico do Formador-Tecnologia de Enobrecimento", CITEVE, Famalicão.

Matsudaira, M. (2006), "Fabric handle and its basic mechanical properties", Journal of textile engineering 52(1): 1-8.

Moser, D. (2011), "Acompanhamento da Análise e Controle de Processos Têxteis", Departamento de Química, Universidade Regional de Blumenau-FURB.

Nunes, V. (2009), "Química das Superfícies e Interfaces-Emulsões", Departamento de Engenharia Química e do Ambiente, Instituto Politécnico de Tomar.

Perissotto, D. O. (2005), "Estudo Comparativo das Propriedades Químicas de Polpas Kraft Convencionais e MCC de Eucalipto", Curitiba, Universidade Federal do Paraná.

PETTER, O.e R. Gliese (2000), "Fundamentos de Colorimetria", Apostila do Curso de Fundamentos de Colorimetria, Laboratório de Processamento Mineral, Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS.

Rocha, A. M. (1996), "Contribuição para o Controlo Automático dos Parâmetros de Costura: Estudo da Dinâmica da Penetração da Agulha e da Alimentação do Tecido", Tese de Doutoramento, Engenharia Têxtil, Guimarães, Universidade do Minho.

Sá, M. M. A. M. d. (2008). "Aplicação de β -Ciclodextrinas no Tingimento de Materiais Têxteis", Dissertação de Mestrado, Engenharia Têxtil, Guimarães, Universidade do Minho.

Sánchez, J. C. (1966), "Introducción al Blanqueo de Materias Textiles", Barceleona.

Sánchez, J. C., J. Valldeperase P. Puente (1981), "Fundamentos Científicos y Aplicados de la Tintura de Materias Textiles", Terrassa, Cátedra de tintorería y estampación de E.T.S.I.I.T.

Schindler, W. D.e P. J. Hauser (2004), "Chemical Finishing of Textiles", Cambridge, England, Woodhead Publishing Ltd.

Somasundaran, P., P. Purohit, N. Gokarne R. D. Kulkarni (2010), "Silicone Emulsions - Interfacial Aspects and Applications", Household and Personal Care Today 3.

Souza, F. (2007), "Desenvolvimento de Bases Emulsionadas de Silicone e Água e Avaliação Comparativa com Bases Emulsionadas de Óleo e Água para Uso Externo", Dissertação de Mestrado, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Troficolor, Têxteis S.A. (2008), "Processos Têxteis", Trofa, Portugal.

Vidrago, C. d. C. M. A. (2011), "Avaliação do Conforto de Materiais para Têxteis Lar com Diferentes Tipos de Acabamento", Dissertação de Mestrado, Engenharia Têxtil, Guimarães, Universidade do Minho.

Zarubica, A. R., M. N. Miljković, M. M. Purenović V. B. Tomić (2005), "Colour Parameters, Whiteness Indices and Physical Features of Marking Paints for Horizontal Signalization", Facta universitatis-series: Physics, Chemistry and Technology 3(2): 205-216.

Anexos

A. Anexos

A.1 Representação da hidrofiliidade de substratos têxteis sem amaciador e amaciados com macro e micro amaciadores de silicone

Tabela A. 1-Tempo de absorção da gota dos substratos têxteis sem amaciador e amaciados com macro e micro amaciadores de silicone

Produto	Concentração (g/L)	Tempo de absorção da gota (s)				
		1	2	3	Média	Desvio-padrão
S/A	10	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0
	20	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0
	30	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0
Ledesoft SMS	10	21,0	20,0	20,0	20,3	0,6
	20	25,0	19,0	18,0	20,7	3,8
	30	35,0	33,0	33,0	33,7	1,2
Ledesoft MR	10	91,0	80,0	85,0	85,3	5,5
	20	82,0	88,0	99,0	89,7	8,6
	30	108,0	108,0	88,0	101,3	11,5
Ledemin A2	10	4,0	3,0	4,0	3,7	0,6
	20	3,0	4,0	3,0	3,3	0,6
	30	4,0	3,0	4,0	3,7	0,6
Ledesoft SIR	10	27,0	20,0	33,0	26,7	6,5
	20	38,0	39,0	42,0	39,7	2,1
	30	41,0	41,0	44,0	42,0	1,7

A.2 Influência da termofixação a 150 °C nas coordenadas da cor dos substratos sem amaciador e amaciados com diferentes tipos de amaciadores de silicone

Tabela A. 2- Coordenadas da cor dos substratos têxteis termofixados a 150 °C

COORDENADAS DA COR a 150°C														
Produto	Concentração (g/L)	Temperatura Termofixação (°C)	a1	a2	a3	a4	Média	Desvio-Padrão	b1	b2	b3	b4	Média	Desvio-Padrão
S/A	10	150	3,59	3,55	3,59	3,55	3,57	0,02	-12,44	-12,24	-12,44	-12,24	-12,34	0,12
	20	150	3,59	3,55	3,59	3,55	3,57	0,02	-12,44	-12,24	-12,44	-12,24	-12,34	0,12
	30	150	3,59	3,55	3,59	3,55	3,57	0,02	-12,44	-12,24	-12,44	-12,24	-12,34	0,12
Ledesoft SMS	10	150	3,47	3,57	3,49	3,69	3,56	0,10	-10,98	-11,35	-10,91	-11,99	-11,31	0,49
	20	150	3,58	3,53	3,67	3,60	3,60	0,06	-11,09	-10,88	-11,71	-10,78	-11,12	0,42
	30	150	3,86	3,88	3,84	3,85	3,86	0,02	-10,83	-10,79	-10,82	-11,81	-11,06	0,50
Ledesoft MR	10	150	3,33	3,50	3,51	3,55	3,47	0,10	-11,73	-10,94	-11,18	-10,88	-11,18	0,39
	20	150	3,65	3,71	3,79	3,62	3,69	0,08	-11,04	-10,89	-11,10	-11,21	-11,06	0,13
	30	150	3,86	3,67	3,77	3,61	3,73	0,11	-10,95	-11,12	-11,01	-10,94	-11,01	0,08
Ledemin A2	10	150	3,62	3,64	3,81	3,69	3,69	0,09	-12,10	-11,98	-12,07	-12,11	-12,07	0,06
	20	150	3,69	3,51	3,64	3,34	3,55	0,16	-11,99	-12,14	-12,06	-12,05	-12,06	0,06
	30	150	3,66	3,64	3,78	3,79	3,72	0,08	-12,02	-11,99	-12,14	-11,89	-12,01	0,10
Ledesoft SIR	10	150	3,70	3,69	3,75	3,68	3,71	0,03	-12,05	-12,01	-12,09	-11,98	-12,03	0,05
	20	150	3,70	3,69	3,75	3,68	3,71	0,03	-11,78	-12,29	-12,09	-11,81	-11,99	0,24
	30	150	3,70	3,58	3,64	3,53	3,61	0,07	-11,68	-11,88	-11,98	-11,53	-11,77	0,20

A.3 Influência da termofixação a 180 °C nas coordenadas da cor dos substratos sem amaciador e amaciados com diferentes tipos de amaciadores de silicone

Tabela A. 3- Coordenadas da cor dos substratos têxteis termofixados a 180 °C

COORDENADAS DA COR a 180°C														
Produto	Concentração (g/L)	Temperatura Termofixação (°C)	a1	a2	a3	a4	Média	Desvio-Padrão	b1	b2	b3	b4	Média	Desvio-Padrão
S/A	10	180	3,60	3,72	3,60	3,72	3,66	0,07	-12,03	-12,56	-12,03	-12,56	-12,30	0,31
	20	180	3,60	3,72	3,60	3,72	3,66	0,07	-12,03	-12,56	-12,03	-12,56	-12,30	0,31
	30	180	3,60	3,72	3,60	3,72	3,66	0,07	-12,03	-12,56	-12,03	-12,56	-12,30	0,31
Ledesoft SMS	10	180	3,56	3,68	3,46	3,38	3,52	0,13	-11,11	-11,14	-11,47	-10,85	-11,14	0,25
	20	180	3,45	3,51	3,25	3,26	3,37	0,13	-10,77	-11,52	-11,11	-10,72	-11,03	0,37
	30	180	3,64	3,67	3,76	3,59	3,67	0,07	-10,91	-11,17	-10,73	-11,17	-11,00	0,22
Ledesoft MR	10	180	3,37	3,18	3,47	3,29	3,33	0,12	-10,66	-10,88	-11,38	-11,26	-11,05	0,33
	20	180	3,48	3,42	3,39	3,34	3,41	0,06	-11,01	-11,04	-10,78	-10,91	-10,94	0,12
	30	180	3,49	3,45	3,34	3,46	3,44	0,07	-10,89	-10,98	-10,80	-11,04	-10,93	0,11
Ledemin A2	10	180	3,08	3,31	3,60	3,58	3,39	0,25	-11,85	-11,75	-11,76	-12,53	-11,97	0,37
	20	180	3,46	3,49	3,31	3,44	3,43	0,08	-12,09	-12,11	-11,66	-11,81	-11,92	0,22
	30	180	3,46	3,60	3,60	3,40	3,52	0,10	-11,79	-12,03	-12,06	-11,74	-11,91	0,16
Ledesoft SIR	10	180	3,72	3,71	3,58	3,51	3,63	0,10	-11,93	-11,95	-12,21	-11,72	-11,95	0,20
	20	180	3,79	3,67	3,71	3,44	3,65	0,15	-11,84	-11,73	-12,01	-12,04	-11,91	0,15
	30	180	3,79	3,67	3,71	3,44	3,65	0,15	-12,14	-11,93	-12,11	-11,14	-11,83	0,47

A.4 Teste da Força de Penetração da Agulha em substratos sem amaciador e amaciados com diferentes tipos de amaciador

Tabela A. 4- Valores medidos para os três diferentes picos do teste da força de penetração da agulha para os substratos sem amaciador e amaciados com diferentes tipos de amaciador de silicone

Produto	Concentração (g/L)	Pico 1 (cN)		Pico 2 (cN)		Pico 3 (cN)	
		Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão
S/A	10	375,7	122,9	375,7	122,9	375,7	122,9
	20	375,7	122,9	375,7	122,9	375,7	122,9
	30	375,7	122,9	375,7	122,9	375,7	122,9
Ledemin A2	10	327,7	95,4	327,7	95,4	327,7	95,4
	20	260,3	72,0	260,3	72,0	260,3	72,0
	30	259,8	73,9	259,8	73,9	259,8	73,9
Ledesoft MR	10	209,6	50,3	209,6	50,3	209,6	50,3
	20	187,6	51,4	187,6	51,4	187,6	51,4
	30	183,4	49,8	183,4	49,8	183,4	49,8
Ledesoft Cat	10	345,7	94,5	324,0	70,0	345,7	94,5
	20	324,0	70,0	317,5	87,9	-53,4	50,5
	30	324,7	81,5	309,1	84,4	-45,4	39,7
Lepolit NPE 35	10	317,5	87,9	345,7	94,5	-64,5	37,0
	20	309,1	84,4	328,5	78,0	-62,5	53,3
	30	328,5	78,0	324,7	81,5	-60,7	53,1