

Adriana Ramos Arcy

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE TENSOATIVOS NATURAIS E
BIODEGRADÁVEIS NO PROCESSO DE LAVAGEM PÓS-
TINGIMENTO TÊXTIL COMO ALTERNATIVA DE P+L**

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-graduação em Engenharia
Química da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do
Grau de mestre em Engenharia
Química

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Selene M. A.
Guelli Ulson de Souza

Coorientador: Prof. Dr. Antônio
Augusto Ulson de Souza

Florianópolis
2015

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

Arcy, Adriana Ramos

Análise da Aplicação de Tensoativos Naturais e Biodegradáveis no Processo de Lavagem Pós-Tingimento Têxtil como Alternativa de P+L / Adriana Ramos Arcy ; orientadora, Selene M. A. Guelli Ulson de Souza, coorientador, Antônio Augusto Ulson de Souza – Florianópolis, SC, 2015.

115 p.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

Inclui referência

1. Engenharia Química. 2. Processo têxtil. 3. Tensoativos naturais e biodegradáveis. 4. Produção mais limpa. 5. Meio ambiente. I. Souza, Selene M. A. Guelli Ulson de. II. Souza, Antônio Augusto Ulson de. III Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. IV. Título.

Adriana Ramos Arcy

**APLICAÇÃO DE TENSOATIVOS SINTÉTICOS E NATURAIS
BIODEGRADÁVEIS NO PROCESSO DE LAVAGEM PÓS-
TINGIMENTO TÊXTIL**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia Química”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Química

Florianópolis, 12 de maio de 2015.

Prof. Dr. Ricardo Antonio
Francisco Machado, Dr.
Coordenador do Curso

Prof.^a Dr.^a Selene M. A. Guelli
Ulson de Souza, Dr.^a
Orientadora
Universidade Federal de Santa
Catarina

Banca Examinadora:

Prof.^a, Dr. Therezinha Maria
Novais de Oliveira
Universidade da Região de
Joinville

Prof. Dr. Antônio Augusto
Ulson de Souza, Dr.
Coorientador
Universidade Federal de Santa
Catarina

Prof.^a, Dr.^a Débora de Oliveira
Universidade Federal de Santa
Catarina

Prof. Dr. Agenor Furigo Júnior
Universidade Federal de Santa
Catarina

Este trabalho é dedicado àqueles que, assim como o ar, são essenciais para manter meu coração batendo, minha família.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao Criador do Universo, por me colocar em caminhos iluminados, sempre me rodeando de pessoas boas e energias positivas que foram essenciais na execução de cada fase deste trabalho.

Agradeço aos meus orientadores Selene M. A. Guelli Ulson de Souza e Antônio Augusto Ulson de Souza, pela oportunidade oferecida e pela orientação. Com certeza todos os conselhos, críticas e elogios acrescentaram muito em meu crescimento pessoal e profissional.

À Universidade Federal de Santa Catarina, principalmente ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Química e seus colaboradores, pela estrutura oferecida.

À Fundação CAPES, pela concessão de bolsa de estudos durante dois anos, possibilitando assim minha capacitação profissional.

À empresa Malwee, pelo apoio financeiro concedido, levando ao crescimento de muitos profissionais e à valorização da pesquisa dentro do âmbito industrial.

Aos colegas Diego e Franciéle, pelo tempo cedido, ajudando-me na realização dos experimentos, sempre com muito carinho e paciência.

Aos colegas de grupo, Crisleine, Simone, Laís e Robert, pela colaboração e auxílio no trabalho.

Aos amigos Daniel, Janier, Paula, Carlos, Maria Alice, Gidiane, Rafael e Aline pela ajuda imensa que me proporcionaram durante a realização das disciplinas, a amizade de vocês foi essencial.

Ao meu grande amigo Felipe, por jamais me deixar desistir.

Ao meu amigo do coração Bruno, por ser minha família emprestada, meu alento.

A minha grande amiga Márcia, por sempre pacientemente me ouvir, aconselhar e ser um dos meus pontos de equilíbrio.

Ao meu novo amigo Petrick, pelo tempo desprendido na realização de uma parte deste trabalho, por não medir esforços em me passar conhecimentos e, principalmente, pela amizade que fez toda a diferença em uma etapa desta jornada.

Ao professor e amigo Vitor, pela oportunidade que me foi oferecida de crescer profissionalmente, abranger as fronteiras do conhecimento e planejar meu futuro acadêmico.

Agradeço aos meus pais Andréa e Gilmar, por sempre com muita paciência me apoiar e jamais deixar faltar amor na minha jornada, aceitando e apoiando, mesmo não concordando, em minhas decisões. Agradeço à minha irmã Gabriele, pela amizade, amor, ajuda nas

revisões e principalmente pelo apoio nas horas que precisei desabafar, aconselhando-me sempre.

Ao meu irmão caçula Luiz Henrique, que me enchia de amor quando dizia que era para eu não me preocupar que ia dar tudo certo, e deu!

Aos meus avós Teresa e André, pelo apoio e amor de hoje e sempre.

Aos novos e velhos bons amigos, que são muitos para citar aqui, que de longe ou de perto sempre foram especiais para mim, mostrando carinho e apoio nesta jornada, cada um de vocês tem parte nessa conquista.

“Everybody is a genius. But if you judge a fish by its ability to climb a tree, it will live its whole life believing that it is stupid.”

(Matthew Kelly, 2004)

RESUMO

O setor têxtil destaca-se no âmbito ambiental por possuir um alto potencial poluidor devido à geração de grandes volumes de efluentes com elevadas cargas de corantes e aditivos químicos necessários no processo. Os tensoativos constituem uma classe importante de compostos químicos amplamente utilizados no processo industrial têxtil. Os de origem microbiológica, designados por biotensoativos, são uma alternativa de prevenção à poluição, sendo utilizados nos processos industriais, com benefícios ao meio ambiente, porém é necessário conhecer a eficiência desses produtos no processo. Devido a isto, o objetivo deste trabalho foi analisar a efetividade do uso de tensoativos naturais e biodegradáveis no processo industrial têxtil, como alternativa à substituição de produtos químicos. O trabalho foi realizado em parceria com uma indústria do setor têxtil situada no Estado de Santa Catarina. Os testes ocorreram na etapa pós-tingimento, com os corantes Azul 221, Vermelho 195, Amarelo 145 e com a tricromia desses. Foram utilizadas duas concentrações de tensoativos, 0,5 e 1 g/L, abrangendo concentração utilizada atualmente dentro do processo da empresa (0,6 - 0,8 g/L). Como parâmetros de avaliação foram realizados os testes de variação da tensão superficial pelo método da gota pendente, compatibilidade das amostras de tensoativos com os corantes, análise da cor dos tecidos, testes de solidez à lavagem, luz e água clorada, fricção a úmido e a seco e umectação por capilaridade. Foram estudados seis tensoativos, dois de origem natural, AQUASOFT AMAZONTEX e COTTOCLARIN RF, dois com propriedades biodegradáveis, ULTRADET LE 6000 e ALKONAT CE 50, um amplamente utilizado no setor industrial, Dodecil sulfato de Sódio (SDS) e outro utilizado no processo da empresa parceira, EM 8007. Os produtos naturais e biodegradáveis apresentaram resultados positivos, sem alterações significativas na cor do tecido e com valores ótimos para os testes de solidez. No teste de degradação biológica todas as amostras apresentaram uma boa porcentagem de degradação, demonstrando que estas serão eliminadas no processo de tratamento biológico do efluente final. Neste contexto, é possível constatar que o uso destes tensoativos naturais selecionados, na etapa de lavagem pós-tingimento, assim como os de propriedades biodegradáveis são eficazes na remoção do corante hidrolisado, garantindo os padrões de qualidade podendo ser uma alternativa de mitigar a poluição, trazendo um enfoque sustentável ao processo e agregando valor ao produto.

Palavras-chave: Processo têxtil. Tensoativo. Meio ambiente.

ABSTRACT

The textile industries have a high polluting potential due to the generation of large volumes of effluents with dyes and chemical additives necessary in the industrial process. Surfactants are an important class of chemical compounds widely used in the textile manufacturing process. The microbiological surfactants, called biosurfactants, are an alternative to reduce de pollution, which can be used in the industrial processes with benefits to the environment, but it is important to know the efficiency of these products in the process. On this way, the aim of this study was to analyze the effectiveness of using natural and biodegradable surfactants in the textile manufacturing process as an alternative to use products with less environmental impact. The work was conducted in partnership with a textile industry situated in Santa Catarina State. The study was performed in the post-dyeing step with Reactive Blue 221, Reactive Red 195, Reactive Yellow 145 and the mixture of these. There were used two concentrations of surfactants, 0.5 and 1.0 g/l, covering the concentration range currently used in the process of the industry (0.6 - 0.8 g/L). The evaluation parameters analyzed were the variation of the surface tension by the pendant drop method, compatibility of the surfactant with the color samples, analysis of the color, washing solidity, chlorinated water solidity, light solidity, wet and dry friction and capillary action. There were studied six surfactants, two of natural origin, AQUASOFT AMAZONTEX and COTTOCLARIN RF, two with biodegradable properties, ULTRADET LE 6000 e ALKONAT CE 50, one widely used in the industrial sector, sodium dodecyl sulfate (SDS), and another that the partner industry uses, EM8007. Natural and biodegradable products expressed positive results in all of the evaluation parameters without significant changes in the color of the fabric product and optimal values for strength of washing, light and chlorinated water, dry and wet friction and wetting tests. In the biological degradation tests, all samples showed a good percentage of degradation concluding that it will be eliminated in the biological treatment of effluents. In this context, it is clear that the use of natural and biodegradable surfactants is efficient into the textile manufacturing process, resulting in a quality material without negative changes. These surfactants can be used as an alternative to reduce pollution and preserving the environment, bringing a sustainable approach to the process, adding value to the product.

Key-words: Textile industry. Surfactants. Environmental.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo da estrutura de um corante reativo (Reactive Black 5).	34
Figura 2 - Fluxograma do processo	47
Figura 3 - Estrutura química do corante C.I. Reactive Blue, classificado no Colour Index como C.I. Azul Reativo 221	48
Figura 4 - Estrutura química do corante Vermelho CQ4BL, classificado no Colour Index como C.I. Vermelho Reativo 195	48
Figura 5 - Estrutura química do corante Reactive Yellow M-3re classificado no Colour Index como C.I. Amarelo Reativo 145	49
Figura 6 - Representação do equilíbrio entre a força gravitacional e a tensão superficial do líquido	53
Figura 7 - Processo do estudo	55
Figura 9 - Amostras tingidas com o corante Vermelho 195	64
Figura 8 - Amostras tingidas com o corante Azul 221	64
Figura 11 - Amostras tingidas com a tricromia dos corantes	64
Figura 10 - Amostras tingidas com o corante Amarelo 145	64

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2 - Gráfico relacionado à Tabela 16. Comparação dos resultados do teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Azul 221. [Tensoativo] 0,5 g/L.	77
Gráfico 3 - Gráfico relacionado à Tabela 17. Comparação dos resultados do teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Azul 221. [Tensoativo]1 g/L.	79
Gráfico 4 - Gráfico relacionado à Tabela 18. Comparação dos resultados do teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Vermelho 195. [Tensoativo]0,5g/L.....	80
Gráfico 5 - Gráfico relacionado à Tabela 19. Comparação dos resultados do teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Vermelho 195.[Tensoativo] 1g/L.....	81
Gráfico 6 - Gráfico relacionado à Tabela 20. Comparação dos resultados do teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Amarelo 145. [Tensoativo]0,5g/L.....	82
Gráfico 7 - Gráfico relacionado à Tabela 21. Comparação dos resultados do teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Amarelo 145. [Tensoativo] 1g/L.....	84
Gráfico 8 - Gráfico relacionado à Tabela 22. Comparação dos resultados do teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas a tricromia dos corantes Azul 221, Vermelho 195 e Amarelo 145. [Tensoativo] 0,5 g/L	85
Gráfico 9 - Gráfico relacionado à Tabela 23. Comparação dos resultados do teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas a tricromia dos corantes Azul 221, Vermelho 195 e Amarelo 145. [Tensoativo] 1g/L	87
Gráfico 10 - Gráfico relacionado à Tabela 23. Comparação dos resultados de degradação das amostras de tensoativo.....	89
Gráfico 11 - Tensão superficial relacionada a concentração de tensoativo.....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos corantes segundo sua aplicação.....	33
Tabela 2 - Principais grupos de tensoativos de origem natural e sintética.....	38
Tabela 3 - Principais classes de biotensoativos e micro-organismos envolvidos.....	40
Tabela 4 - Características dos tensoativos naturais e biodegradáveis utilizados no estudo.....	50
Tabela 5 - Notas para avaliação do teste de solidez a luz.....	57
Tabela 6 - Notas de avaliação das amostras para o teste de solidez à água clorada.....	58
Tabela 7 - Efeito da concentração de tensoativo sobre a tensão superficial da água.....	62
Tabela 8 - Resultado dos testes de lavagens pós-tingimento com o corante reativo Azul 221. [Tensoativo] 1g/L.....	65
Tabela 9 - Resultado dos testes de lavagens pós-tingimento com o corante reativo Azul 221. [Tensoativo] 0,5g/L.....	65
Tabela 10 - Resultado dos testes de lavagens pós-tingimento com o corante reativo Vermelho 195. [Tensoativo] 0,5g/L.....	67
Tabela 11 - Resultado testes lavagens pós-tingimento com o corante reativo Vermelho 195. [Tensoativo] 1g/L.....	67
Tabela 12 - Resultado testes lavagens pós-tingimento com o corante reativo Amarelo 145. [Tensoativo] 0,5g/L.....	69
Tabela 13 - Resultado testes lavagens pós-tingimento com o corante reativo Amarelo 145. [Tensoativo] 1g/L.....	70
Tabela 14 - Resultado testes lavagens pós-tingimento com tricromia de corantes reativos Amarelo 145, Vermelho 195 e Azul 221. [Tensoativo] 0,5 g/L.....	71
Tabela 15 - Resultado testes lavagens pós-tingimento com tricromia de corantes reativos Amarelo 145, Vermelho 195 e Azul 221. [Tensoativo] 1 g/L.....	72
Tabela 16 - Teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Azul 221. [Tensoativo] 0,5g/L.....	76
Tabela 17 - Teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Azul 221. [Tensoativo] 1g/L.....	78
Tabela 18 - Teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Vermelho195. [Tensoativo] 0,5 g/L.....	79
Tabela 19 - Teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Vermelho195. [Tensoativo] 1 g/L.....	80
Tabela 20 - Teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Amarelo 145. [Tensoativo] 0,5g/L.....	82
Tabela 21 - Teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Amarelo 145. [Tensoativo] 1 g/L.....	83
Tabela 22 - Teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com a tricromia dos corantes Azul 221, Vermelho 195 e Amarelo 145. [Tensoativo] 0,5 g/L.....	85

Tabela 23 - Teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com a tricromia dos corantes Azul 221, Vermelho 195 e Amarelo 145. [Tensoativo]1g/L	86
Tabela 24 - Leitura de carbono orgânico total ao longo do teste	88
Tabela 25 - Degradação das amostras de tensoativo.....	88

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Cálculo da tensão superficial.....	53
Equação 2 – Cálculo da massa de lodo utilizada no teste.....	60
Equação 3 - Porcentagem de biodegradação.....	61

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	27
1.1 OBJETIVOS.....	28
1.1.1 Objetivo Geral.....	28
1.1.2 Objetivos Específicos.....	28
2 DESENVOLVIMENTO.....	29
2.1 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.....	29
2.2 INDÚSTRIA TÊXTIL.....	30
2.2.1 Processo industrial têxtil.....	31
2.2 TENSOATIVOS.....	37
2.2.1 Biotensoativos.....	39
2.2.2 Tensoativos biodegradáveis.....	42
2.2.3 Aplicação de tensoativos na indústria têxtil.....	42
2.2.4 Aplicação de tensoativos naturais e biodegradáveis na indústria têxtil.....	43
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	47
3.1 MATERIAIS.....	47
3.1.1 Corantes.....	48
3.1.2 Tecido.....	49
3.1.3 Tensoativo.....	49
3.1.4 Reagentes.....	51
3.1.5 Equipamentos.....	52
3.2 MÉTODOS.....	52
3.2.1 Escolha das amostras.....	52
3.2.2 Determinação da tensão superficial das amostras.....	52
3.2.3 Tingimentos.....	53
3.2.4 Lavagem pós-tingimento.....	54
3.2.5 Enxágues pós-lavagem.....	54
3.2.6 Análise dos tecidos.....	55
3.2.7 Testes de degradação biológica das amostras.....	59

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
4.1 ANÁLISES DA UTILIZAÇÃO DE TENSOATIVOS COMO ADITIVOS NA REMOÇÃO DE CORANTES HIDROLIZADOS NO PROCESSO DE LAVAGEM PÓS-TINGIMENTO.....	62
4.1 AVALIAÇÃO DA TENSÃO SUPERFICIAL.....	62
4.2 ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DO TECIDO APÓS APLICAÇÃO DAS AMOSTRAS DENTRO DO PROCESSO DE LAVAGEM PÓS-TINGIMENTO.....	63
4.2.1 Análise da compatibilidade com diferentes corantes.....	63
4.2.2 Análise dos parâmetros de cor do tecido para o corante Azul 221.....	64
4.2.3 Análise dos parâmetros de cor do tecido para o corante Vermelho 195.....	67
4.2.4 Análise dos parâmetros de cor do tecido para o corante Amarelo 145.....	69
4.2.5 Análise dos parâmetros de cor do tecido para tricromia dos corantes Azul 221, Vermelho 195 e Amarelo 145.....	71
4.2.6 Teste de solidez à lavagem.....	73
4.2.7 Teste de fricção a úmido e a seco.....	74
4.2.8 Teste de solidez à luz.....	74
4.2.9 Teste de solidez à água clorada.....	74
4.2.10 Teste de umectação e capilaridade.....	75
4.3 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DAS AMOSTRAS QUANDO SUBMETIDAS AO PROCESSO DE TRATAMENTO BIOLÓGICO.....	87
4.3.1 Teste de degradação.....	87
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	91
5.1 Conclusões.....	91
5.2 Sugestões	92
REFERÊNCIAS.....	93
APÊNDICE A – Gráficos de variação da tensão superficial para cada tensoativo.....	101

APÊNDICE B – RECEITAS DOS MEIOS MINERAIS PARA USO NO TESTE DE DEGRADAÇÃO BIOLÓGICA DAS AMOSTRAS.....	103
ANEXO A – Fichas técnicas dos produtos testados Descrição.....	105
ANEXO B – Escala CIELAB.....	113
ANEXO C – Escala de Cinzas BS1006 AO2.....	115

INTRODUÇÃO

Santa Catarina é o segundo maior pólo têxtil do Brasil com uma participação no Produto Interno Bruto (PIB) deste segmento de US\$ 5,1 bilhões, representando aproximadamente 11,65% do mercado nacional. Porém, esta é uma atividade industrial que possui alto potencial poluidor devido ao elevado consumo de água e a geração de grandes quantidades de efluentes com elevadas cargas de corantes e aditivos químicos necessários no processo. O beneficiamento têxtil é uma das etapas do processo industrial que mais poluem, e grande parte dos efluentes gerados nesta etapa provém das fases de lavagem e tingimento que possuem um alto potencial poluidor, principalmente pelo efluente rico em corantes não fixados à fibra e aditivos utilizados no processo (BROADBENT, 2001).

No do processo industrial têxtil, os tensoativos são geralmente empregados na etapa de lavagem pós-tingimento, com o intuito de remover os corantes que não se fixaram à fibra no tingimento. Os tensoativos sintéticos constituem uma classe importante de compostos químicos amplamente utilizados na indústria têxtil. Estes compostos tensoativos são moléculas de superfície ativa que afetam a tensão superficial de sistemas multifásicos. Devido à presença de ambos os grupos hidrofóbicos e hidrofílicos, estes agem reduzindo a tensão superficial do meio aquoso (água - ar) e a tensão interfacial de sistemas líquido-líquido (água - óleo) ou líquido-sólido (fenômenos de molhagem), também alteram as propriedades de formação de espuma de misturas aquosas (BARATHI e VASUDEVAN, 2001).

No entanto, devida a sua composição química, os tensoativos sintéticos são geralmente tóxicos e dificilmente degradados por micro-organismos no meio ambiente, resultando em um processo de alto potencial poluidor e com elevados custos de tratamento.

O setor industrial vem sendo alvo de cobranças da sociedade e de legislações ambientais governamentais com relação ao controle ambiental do processo com isto, a procura por novas alternativas com foco na diminuição de impactos ambientais tem aumentado nos últimos anos. A aplicação de técnicas de Produção mais Limpa (P+L) entra como alternativa aplicável para tal, sendo a utilização de produtos de origem natural e/ou com propriedades de biodegradabilidade uma alternativa de redução da poluição.

As principais vantagens dos tensoativos naturais e biodegradáveis são: biodegradabilidade, baixa toxicidade, maior taxa de redução de tensão superficial, solubilidade em água alcalina,

estabilidade térmica, estabilidade quanto a valores extremos de pH, produção a partir de substratos renováveis e a capacidade de modificação estrutural por meio da engenharia genética ou técnicas bioquímicas (DAVIS; LYNCH; VARLEY, 1999; KIM *et al.*, 1997).

Contudo, a aplicação destes produtos dentro do processo industrial têxtil é praticamente inexplorada, principalmente nas etapas do processo têxtil como auxiliares de banho e de tingimento, sendo a maioria dos estudos apenas direcionados à remoção de corantes do efluente final do processo. Considerando que os tensoativos são utilizados em grande escala no processo, é interessante avaliar a aplicação destes no processo como alternativa de P+L.

Desta forma, este estudo teve como principal objetivo estudar a substituição, dentro do processo industrial têxtil, de tensoativos sintéticos por tensoativos de origem natural ou biodegradáveis, que possuem baixo potencial poluidor e alta biodegradabilidade.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Estudar a aplicação de tensoativos naturais e com propriedades biodegradáveis na etapa de lavagem pós-tingimento do processo industrial têxtil.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar amostras de tensoativos naturais e biodegradáveis com potencial de aplicação dentro do processo;
- Determinar a influência de diferentes tensoativos na tensão superficial da água;
- Analisar as características físicas dos tecidos expostos às amostras de tensoativos nos banhos de lavagem;
- Analisar a biodegradabilidade dos agentes tensoativos no tratamento biológico.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

O crescimento populacional aliado ao aumento do consumo de insumos e energia tem levado ao aumento no índice de contaminação do meio ambiente levando ao desequilíbrio dos ecossistemas, constituindo uma ameaça ao planeta (HIROSE, 2005).

Desde a conferência de Estocolmo de 1972 começou-se a falar sobre técnicas de desenvolvimento sustentável. Ao longo dos anos, com o crescimento econômico, os agentes comerciais e indústrias passaram a constatar que o melhor caminho para redução da poluição é a realização de mudanças diretamente nas fontes poluidoras em vez de apenas focar no tratamento e destinação final dos resíduos e efluentes gerados.

Produção Mais Limpa (P+L) é a expressão utilizada para designar práticas preventivas de poluição dentro de processos industriais. Segundo a Divisão de Tecnologia, Indústria e Economia do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP em Inglês) (1995) P+L é “a aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada e preventiva para processos, produtos e serviços, para aumentar a eficiência global e reduzir os riscos às pessoas e ao meio ambiente”

As técnicas de Prevenção à Poluição (P2) fazem parte das técnicas de P+L, geralmente são baseadas no uso de práticas, processos, técnicas ou tecnologias que evitem ou minimizem a geração de resíduos e poluentes na fonte geradora. Inclui dentre outras ações, modificações nos equipamentos, nos processos ou procedimentos e substituição de matérias-primas, resultando em um aumento na eficiência de uso dos insumos. Salienta-se que é necessário realizar uma avaliação técnica-econômica-ambiental das ações que serão aplicadas para que as vantagens sejam significativas para todos os envolvidos.

O setor têxtil é fonte de grande preocupação em relação a geração de efluentes, despejando diariamente quantidades elevadas de efluentes em corpos hídricos, o que pode vir a causar sérios problemas ambientais caso esses despejos não estejam dentro dos parâmetros adequados de lançamento.

Devido à contínua cobrança do governo e sociedade quanto à preservação ambiental, o setor têxtil vem sendo pioneiro em práticas de produção mais limpa, onde tem sido direcionado um grande esforço para cada vez mais garantir uma maior sustentabilidade na produção

(CETESB, 2009).

Sendo assim, o estudo da aplicação de práticas de P+L nesta área industrial é de grande importância, gerando o conhecimento da melhor forma de tornar o processo ambientalmente mais eficiente.

A substituição de produtos tensoativos sintéticos por produtos de origem natural e/ou com propriedades biodegradáveis no processo industrial têxtil como técnica de P+L ainda é pouco explorada. Considerando que o setor utiliza grandes quantidades destes produtos, esta pode ser considerada uma vertente de estudos interessante dentro do desenvolvimento de práticas de produção sustentáveis neste setor.

2.2 INDÚSTRIA TÊXTEL

A indústria têxtil é um dos maiores setores industriais do mundo. O setor têxtil e de confecções tem destaque no cenário mundial não apenas por sua criatividade e tecnologia, mas também pelas dimensões de seu parque têxtil que, a nível mundial, é a sexta maior indústria, o segundo maior produtor de denim e o terceiro maior na produção de malhas (ABIT, 2010).

O setor têxtil brasileiro investe uma média de US\$ 1 bilhão por ano para manter seus parques sempre atualizados, com tecnologia de ponta, respeitando as leis ambientais e investindo em profissionais capacitados (CETESB, 2009). Atualmente, o país participa do comércio mundial de têxteis com uma fatia de 1% - US\$ 1,3 bilhões. Os investimentos em novas tecnologias estão crescendo, favorecendo a indústria têxtil nacional frente a seus concorrentes (POLTEX, 2012).

O setor têxtil possui grande participação na economia industrial do Estado de Santa Catarina, correspondendo a 11,65% da arrecadação, sendo o complexo têxtil localizado em sua maior parte no Vale do Itajaí compreendendo os municípios de Blumenau e Brusque, como também Joinville e Jaraguá do Sul, que estão localizados ao norte e noroeste do estado (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, 2010).

O processo industrial têxtil pode ser classificado entre os mais poluentes dentro do âmbito industrial, pois requer grandes quantidades de água, corantes e produtos químicos utilizados ao longo de uma complexa cadeia produtiva com uma demanda impulsionada principalmente por três principais usos finais: vestuário, mobiliário doméstico e uso industrial (TURGAY et al., 2011).

2.2.1 Processo industrial têxtil

Composta de um grande número de subsetores, a indústria têxtil cobre todo o ciclo de produção, desde a produção de matérias-primas (fibras sintéticas ou artificiais) para semi-processados (fios, tecidos e malhas com seus processos de acabamento) e produtos finais (tapetes, têxteis-lar, vestuário e têxteis de uso industrial), sendo o processo têxtil basicamente dividido nas etapas de fiação, tecelagem e beneficiamento.

Na etapa de fiação é quando ocorre a obtenção do fio a partir da matéria-prima (fibras têxteis) que pode ser enviada para o beneficiamento ou diretamente para tecelagens e malharias. A tecelagem e/ou malharia é a etapa de elaboração de tecido plano, tecidos de malha circular ou retilínea, a partir dos fios têxteis utilizando teares. Nestas etapas não há geração de efluentes líquidos, devido a todas as operações ocorrerem na ausência de água.

No beneficiamento o substrato têxtil é tratado com o objetivo de adquirir características como cor, toque e estabilidade dimensional. É a etapa na qual, segundo Silva (2005) ocorre o tratamento prévio ou preparação, eliminando-se a impureza das fibras e melhorando a estrutura do substrato têxtil para prepará-lo para as operações de tingimento, estamparia e acabamento. Nesta fase, os substratos têxteis são coloridos, estampados com a aplicação de desenho colorido e tratados para adquirirem características desejáveis como brilho, toque, caimento, estabilidade dimensional e outros acabamentos ditos especiais como antirrug, impermeável e antichama.

Além do grande consumo de água durante o processo têxtil, os efluentes líquidos possuem elevado efeito poluidor e toxicidade, com composição variável (FORSS e WELANDER, 2011).

Grande parte dos efluentes gerados provém das fases de lavagem e tingimento. Nestas etapas, devido à variedade de fibras, corantes, produtos auxiliares e de acabamento, tipos de equipamentos e processamento, os efluentes possuem grande diversidade e complexidade química. Entre os produtos utilizados, o amido, proteínas, substâncias gordurosas, tensoativos, aditivos utilizados no tingimento e os corantes destacam-se por possuir elevada carga poluente. A temperatura elevada e o pH dos efluentes também são fatores que trazem impacto ao meio ambiente (SILVA, 2005).

2.1.1.1 Tingimento

É a etapa do processo que confere cor aos tecidos de forma homogênea e permanente, utilizando-se corantes. O mecanismo de tingimento depende essencialmente de dois fatores: estrutura dos corantes utilizados e características das fibras intervenientes. Basicamente pode ser dividido de forma geral em três etapas onde ocorrem os seguintes mecanismos físico-químicos: difusão, adsorção, absorção e fixação. Os produtos empregados na solução de tingimento são corantes, umectantes, eletrólitos (NaCl ou Na_2SO_4), álcalis, ácidos, entre outros aditivos, dependendo da natureza da fibra e do corante (SALEN, 2000; QUADROS, 2005).

Existem dois processos distintos de tingimento: descontínuos ou por esgotamento; e contínuos por foulardagem. Essas operações resumem-se basicamente na impregnação das fibras com a solução de corantes, uniformização da solução de corantes nas fibras, tratamentos posteriores adequados que envolvem a difusão do corante no interior da fibra e a sua posterior fixação (SILVA, 2006).

Nos processos descontínuos, a associação do corante com a fibra depende diretamente da afinidade entre eles; para isto a substantividade do corante em relação a fibra deve ser alta. É necessária a aplicação de agitação mecânica, temperatura adequada e aditivos que são utilizados na composição da solução de tingimento.

Nos processos contínuos (e semi-contínuos), a solução de tingimento para a impregnação é armazenada em um reservatório, enquanto as fibras na estrutura de fios, tecidos e malhas, passam continuamente através deste, ocorrendo a sorção da solução de tingimento, sendo a seguir comprimida mecanicamente pela passagem do tecido através de cilindros, denominados "foulard". Posteriormente o corante é fixado nas fibras por calor seco, vapor ou por repouso prolongado.

2.1.1.2 Corantes

A coloração é uma técnica muito antiga onde várias culturas já haviam estabelecido tecnologias de tingimento há 3000 a.C. Minerais coloridos eram moídos e dissolvidos em água como também, corantes naturais eram extraídos a partir de fontes vegetais e animais, com água e em muitas através de processos de fermentação, para serem utilizados como tinta. O tecido era imerso nessas soluções e posteriormente seco.

A gama de cores era limitada, como também a solidez à lavagem e à luz solar, era baixa (BROADBENT, 2001).

Corantes são substâncias capazes de transmitir cor para um determinado substrato em que está presente, podendo ser substâncias naturais ou compostos sintéticos. Para o tingimento de fibras têxteis são geralmente utilizados corantes sintéticos. As quatro características principais de corantes para uso no processo têxtil são cor intensa, alta solubilidade em água, compatibilidade com a fibra têxtil e propriedades de solidez.

A molécula de corante utilizada para tingimento da fibra têxtil possui duas partes principais, o grupo cromóforo e o auxocromo que é a estrutura responsável pela fixação à fibra. Os cromóforos são classificados segundo sua fixação, como por exemplo, ácidos, diretos, básicos, de enxofre e reativos. Porém, o grupo mais representativo e largamente empregado pertence à família dos azocorantes, que representam cerca de 60% dos corantes atualmente utilizados no mundo, sendo extensivamente utilizados no tingimento de fibras têxteis (HASSEMER, 2006).

Devido à grande quantidade de corantes e suas complexas fórmulas químicas, há uma classificação mundial que os identifica, é o *Colour Index* (CI). Nele os corantes e pigmentos podem ser classificados de acordo com a classe química a que pertencem e com as aplicações a que se destinam.

A classificação dos corantes segundo a sua aplicação está representada na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação dos corantes segundo sua aplicação

Corantes/Fibras	Cel	WO	Se	CA	CT	PA	PES	PAC
Diretos	X		X					
Reativos	X		X					
Sulfurosos	X							
Azoicos	X							
A Tina	X							
Leuco Ésteres	X							
Catiônicos								X
Ácidos		X	X			X		
Complexos Metálicos		X	X			X		
Cromo		X				X		
Dispersos				X	X	X	X	

Fonte adaptada: Salem (2000). Legenda: Cel = Celulose; CT = Triacetato; WO = Lã; PA = Poliamida; Se = Seda; PES = Poliéster; CA = Acetato; PAC = Acrílico.

2.1.1.3 Corantes reativos

Os corantes reativos formam ligações covalentes com a fibra. Eles podem ser utilizados no tingimento de fibras celulósicas possuindo boas características de tingimento, solidez e estabilidade química (KUNZ et al., 2002).

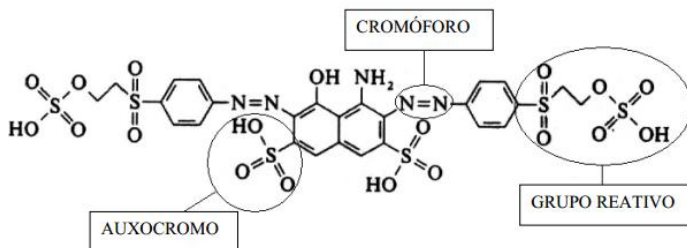
Os primeiros corantes reativos foram lançados no mercado somente em 1956 pela ICI, sendo estes obtidos a partir do cloreto cianúrico, onde os grupos reativos eram os diclorotriazina e monoclorotriazina. A partir de então, o desenvolvimento científico e tecnológico neste ramo foi aumentando e com a isso a criação de inúmeros grupos químicos reativos que possibilitavam ligações mais ou menos estáveis com a celulose (SALEM, 2000).

Segundo Ferrari (2007), as três principais partes da molécula de um corante reativo estão representadas na Figura 1 demonstrando a estrutura química do corante Reactive Black 5, utilizado em grande escala, na qual é possível encontrar três tipos de grupos: os Cromóforos, que são responsáveis pela cor do corante (p. ex.: p-Quinona, o-Quinona, Azo, Azoxi, Nitro e Nitroso); o grupo Reativo, que forma a ligação covalente do corante com a fibra (p. ex.: vinilssulfônico, pirimidina e mono ou diclorotriazina); e por fim o grupo formado por outros substituintes, que são formados por outros dois subgrupos:

- Grupo auxocromo: que afeta e altera a cor da base do cromóforo (intensidade, comprimento de onda de remissão máxima e mínima, etc.) e como consequência afeta diretamente a substantividade, lavabilidade e migração. Exemplos: amino, amino substituído, carboxílicos e hidroxílicos, sulfônico, etc.;

- Grupo solubilizante: responsável pela solubilidade do corante, que também afeta a substantividade, lavabilidade e migração.

Figura 1 - Exemplo da estrutura de um corante reativo (Reactive Black 5).



Fonte: França (2006).

Os corantes reativos podem ser halogenoheterocíclicos (HCC) e vinilssulfônicos (VS), agindo por substituição nucleofílica ou reagindo por adição nucleofílica respectivamente. Podem também ser homobifuncionais, possuindo dois grupos reativos idênticos (VS+VS), ou heterobifuncionais, quando há dois ou mais grupos reativos diferentes (VS+MCT) (ROSA; BAPTISTA; SANTANA, 2010).

A utilização de corantes na indústria têxtil concentra-se principalmente nos corantes reativos para fibras celulósicas. Porém, por serem utilizados em grande escala na etapa de tingimento e, pelo fato de reagirem tanto com o substrato como também com a água, acabam sendo uns dos principais constituintes dos efluentes provenientes da indústria têxtil. O processo também requer a presença de álcali, o que ainda agrega uma característica alcalina ao efluente gerado, gerando um potencial poluidor a este ainda maior.

2.1.1.4 Lavagem pós-tingimento

Após os tingimentos, é necessário submeter os tecidos a lavagens com o objetivo de remover o corante não fixado à fibra de algodão. Como auxiliares de lavagem, são geralmente utilizados tensoativos juntamente com diferentes soluções com água e aditivos químicos (QUADROS, 2005).

Essa etapa gera uma grande quantidade de água residuária com alto potencial poluidor principalmente pelo fato de conter a mistura de grandes quantidades de corantes juntamente com auxiliares de lavagem, que em sua maioria são constituídos por agentes tensoativos.

2.1.1.5 Principais impactos ambientais causados dentro do processo

Dentro do contexto de prevenção à poluição e preocupações relacionadas aos cuidados com o meio ambiente, o setor têxtil apresenta um especial destaque, devido a seu processo industrial gerar grandes volumes de efluentes, os quais, quando não corretamente tratados, podem causar sérios problemas de contaminação ambiental.

Os efluentes têxteis caracterizam-se por serem altamente coloridos, devido à presença de corantes que não se fixam na fibra durante o processo de tingimento, etapa esta onde é gerado também um grande volume de efluente. Porém, segundo Correia, Stephenson e Judd (1994), os produtos poluentes dos processos têxteis surgem tanto das impurezas da matéria-prima processada, quanto da grande variedade de reagentes químicos usados em todo processo de beneficiamento como

nas etapas de engomagem, desengomagem, tecelagem, purga, alvejamento, mercerização, tingimento e acabamento. A composição química destes efluentes está sujeita às constantes mudanças em sua composição devido à diversidade dos processos têxteis e a grande gama de produtos químicos empregados.

O conceito de prevenção da poluição, definido pela Agência de Proteção Ambiental Norte Americana - USEPA (1995) inclui alguns pontos como o uso de materiais, processos e práticas que reduzam ou eliminem a geração de poluentes ou resíduos na fonte, medidas que reduzam o uso de materiais perigosos e recursos, práticas que protejam os recursos naturais pela sua conservação ou uso mais eficiente.

As tecnologias limpas se caracterizam por priorizar a eliminação da poluição nas fontes da geração de resíduos, visando aproximar o processo produtivo da condição de emissão zero, tentando afastar a visão apenas para tratamento/disposição final como solução para os problemas ambientais gerados pela indústria. De fato, um dos maiores impactos ambientais das indústrias de beneficiamento de malhas é o consumo de água pois praticamente o processo inteiro requer o uso deste recurso. Porém, a aplicação de produtos químicos altamente nocivos também deve ser observada com maior cuidado, pois são estes produtos que estão presentes nos efluentes gerados no processo; diminuindo-se a contaminação o tratamento fica cada vez mais simples e eficiente. De nada adianta apostar apenas na diminuição do uso da água se a contaminação do efluente ainda é alta.

Devido a estas implicações ambientais, novas tecnologias têm sido buscadas para a substituição, degradação ou imobilização de compostos altamente poluidores dentro dos processos industriais. Atualmente, muitas indústrias procuram por alternativas sustentáveis, por meio da reutilização de materiais, ou desenvolvimento de ideias inovadoras que agreguem valor ao produto, diminuindo a geração de resíduos como por exemplo, a produção de tecidos a partir de outros materiais como bambu e PET ou até mesmo a produção de tecidos com propriedades biodegradáveis. A substituição de produtos químicos por produtos naturais ou biodegradáveis que apresentem menor impacto ambiental e que agreguem da mesma forma ao processo também é uma alternativa sustentável, resultando em um processo mais limpo.

A utilização de tensoativos dentro do processo industrial têxtil é indispensável, devido principalmente ao uso destes como auxiliares nos processos de tingimento e lavagem pós-tingimento. Nestas etapas são geradas grandes quantidades de efluente, sendo a substituição de tensoativos químicos por tensoativos de origem natural dentro destes

processos uma alternativa de prevenção à poluição e preservação ao meio ambiente a ser estudada, trazendo um enfoque sustentável ao processo e agregando valor ao produto.

2.2 TENSOATIVOS

Os tensoativos constituem uma classe importante de compostos químicos amplamente utilizados em diversos setores industriais, podendo ser sintéticos, obtidos a partir de sínteses químicas, ou biotensoativos, produzidos por micro-organismos. No entanto, quase todos os tensoativos em uso atualmente provêm da indústria petroquímica. Entretanto, com os rápidos avanços na biotecnologia e o aumento da conscientização ambiental entre os consumidores, aliado ao surgimento de novas legislações, o interesse em tensoativos de origem microbiana tem crescido recentemente por apresentarem, em sua grande maioria, os mesmos efeitos apresentados pelos tensoativos de origem química, contudo possuindo um grau de poluição menor (BANAT et al., 2000).

Possuindo moléculas anfipáticas, ou seja, com porções hidrofílicas e hidrofóbicas, os tensoativos reduzem a tensão superficial e a tensão interfacial entre superfícies. Em muitos tensoativos a porção hidrofílica da molécula é encontrada em uma das extremidades sendo conhecida como "cabeça". A porção hidrofóbica geralmente possui vários grupos de carbonos conhecidos como cadeia alquílica ou arílica, quando apresenta compostos aromáticos, sendo esta porção da molécula conhecida como "cauda". Conforme Santos (2011), os tensoativos podem ser classificados conforme a carga iônica presente na parte hidrofílica da molécula, sendo assim classificados em aniônicos, catiônicos e, não iônicos.

- Aniônicos: são os tensoativos que possuem como grupo hidrofílico um radical com carga negativa. Os principais grupos de agentes tensoativos são os sabões e compostos sulfonados e sulfatados. No segundo grande grupo de tensoativos aniônicos estão incluídos os alquil sulfatos e sulfonados. O representante mais conhecido deste grupo é o Lauril sulfato de sódio - SDS, amplamente comercializado e utilizado em processos industriais.
- Catiônicos: são os tensoativos que possuem uma carga positiva como grupo hidrofílico da molécula. São representados principalmente pelos sais de amônio quaternário e de piridínio. Este grupo necessita de um

agente emulsivo não iônico para formar emulsões estáveis água/óleo. Os componentes deste grupo possuem alta toxicidade.

- Não-iônicos: não apresentam radicais com cargas elétricas, interagindo com as moléculas de água por meio de ligações de hidrogênio. São obtidos a partir de álcoois de cadeia longa ou fenóis alquilados em reações com epóxidos. Possuem baixa toxicidade, são menos sensíveis a mudanças e pH ou adição de eletrólitos. Integram compostos tanto lipossolúveis como hidrossolúveis. Entre os principais tipos, destacam-se os ésteres de glicol e de glicerol, os ésteres de sorbitano, os polissorbatos, os ésteres de álcoois gordos e poliglicóis e os ésteres de ácidos gordos e poliglicóis.
- Anfóteros: a porção polar da molécula pode ser ionizada positiva ou negativamente de acordo com o pH do meio, tendo o comportamento de bases aminadas em meio ácido e como ácido em meios alcalinos, não sendo ionizados em meio neutro. Destacam-se nesse grupo a lecitina e o meranol.

Também existem os tensoativos de origem natural e/ou biodegradáveis, que possuem características positivas com relação aos sintéticos, principalmente em relação ao grau poluidor dos produtos. A Tabela 2 apresenta os principais grupos de tensoativos de origem natural e sintética já utilizados comercialmente.

Tabela 2 -Principais grupos de tensoativos de origem natural e sintética

Naturais	Sintéticos
Alquil poliglicosídios	Alcanolaminas
Biotensoativos	Alquil e aril éter carboxilatos
Amidas de ácidos graxos	Alquil aril sulfatos
Aminas de ácidos graxos	Alquil aril éter sulfatos
Glucamidas	Alquil etoxilados
Lecitinas	Alquil sulfonatos
Derivados de proteínas	Alquil fenol etoxilados
Saponinas	Aminoóxidos
Sorbitol e ésteres de sorbitan	Betaínas
Ésteres de sacarose	Copolímeros de óxido de etil/propileno
Sulfatos de álcoois graxos naturais	Ácidos graxos etoxilados

Fonte adaptada: Nitschke e Pastore (2002).

2.2.1 Biotensoativos

Os biotensoativos constituem uma das principais classes de tensoativos naturais, sendo classificados de acordo com a sua composição química e sua origem microbiana. As principais classes de biotensoativos incluem glicolipídios, lipopeptídios e lipoproteínas, fosfolipídios e ácidos graxos, tensoativos poliméricos e tensoativos particulados (DESAI e DESAI, 1993).

Os tensoativos de origem microbiana resultam do metabolismo secundário dos micro-organismos sendo que a produção destes ocorre no final da fase exponencial e durante a fase estacionária. Assim como os tensoativos de origem sintética, estes compostos possuem a capacidade de reduzir a tensão superficial (líquido-gás) ou tensão interfacial (entre líquidos imiscíveis) (NAWAWI e JAMAL, 2010). Estes compostos possuem a estrutura anfifílica dos tensoativos sintéticos em que a porção hidrofóbica é constituída ou de ácidos graxos de cadeias longas, ou hidroxiácidos, ou ainda α -alquil- β -hidroxi ácidos graxos. Aminoácidos, carboidratos, peptídio cíclico, fosfato, ácido carboxílico ou álcool podem constituir a porção hidrofílica do composto (DESAI e BANAT, 1997).

A biodegradabilidade, atividade superficial e interfacial maior, maior tolerância à temperatura, pH e força iônica, biodegradabilidade e baixa toxicidade destes compostos constituem vantagens adicionais sobre os produtos de origem química. Além disso, podem ser sintetizados a partir de substratos renováveis, possuem grande diversidade química e são compostos que não são derivados de petróleo, fator importante à medida que os preços do petróleo aumentam.

Com isso, os biotensoativos podem tornar-se substitutos dos emulsificantes convencionais em processos industriais. Apresentam ainda um maior apelo de mercado pelo fato de serem considerados produtos naturais e possuírem baixos graus de toxicidade e poluição. Outro fator positivo é o de possuírem menor concentração micelar crítica - CMC ($0,001 - 2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) em comparação aos tensoativos sintéticos, como por exemplo, o SDS (dodecil sulfato de sódio), um dos tensoativos químicos mais comuns, que possui uma CMC de $2,3 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ (NITSCHKE et al., 2005; TAVARES, 1997).

2.2.1.1 Produção

Na natureza é possível encontrar tensoativos sintetizados por vários organismos vivos como as saponinas, produzidas pelas plantas,

sais biliares, produzidos pelo organismo humano, e ainda glicolipídios, lipopeptídios e fosfolipídios, produzidos por micro-organismos (NITSCHKE e PASTORE, 2002).

O isolamento de bactérias produtoras de biotensoativos vem ocorrendo do solo, da água marinha, de sedimentos marinhos e áreas contaminadas por óleos. Existem evidências que indicam a grande produção de biotensoativos nestes ambientes (BARROS e QUADROS, 2008).

Algumas células microbianas apresentam elevada hidrofobicidade superficial, sendo consideradas por si só como biotensoativos, como por exemplo, micro-organismos degradadores de hidrocarbonetos, algumas espécies de *Cyanobacteria* e alguns patógenos como *S. aureus* e *Serratia sp.* (NITSCHKE e PASTORE, 2002).

Desai e Banat (1997) citam as principais classes de biotensoativos e micro-organismos envolvidos na produção, apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Principais classes de biotensoativos e micro-organismos envolvidos

Tipo de Biotensoativo	Micro-organismo
Glicolipídios	
- ramnolipídios	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
- soforolipídios	<i>Torulopsis bombicola</i> , <i>T. apícola</i>
- trihalolipídios	<i>Rhodococcus erythropolis</i> , <i>Mycobacterium sp.</i>
Lipopeptídios e lipoproteínas	
- peptídio-lipídio	<i>Bacillus licheniformis</i>
- viscosina	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
- serrawetina	<i>Serratia marcescens</i>
- surfactina	<i>Bacillus subtilis</i>
- subtilisina	<i>Bacillus subtilis</i>
- gramicidina	<i>Bacillus brevis</i>
- polimixina	<i>Bacillus polymyxa</i>
Ácidos graxos, lipídios neutros e fosfolipídios	
- Ácidos graxos	<i>Corynebacterium lepus</i>
- Lipídios neutros	<i>Nocardia erythropolis</i>
- Fosfolipídios	<i>Thiobacillus thiooxidans</i>
Tensoativos poliméricos	
- emulsan	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
- biodispersan	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
- liposan	<i>Candida lipolytica</i>

- carboidrato-lipídio- proteína	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
- manana-lipídio-proteína	<i>Candida tropicalis</i>
Tensoativos particulados	
- vesículas	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
- células	Várias bactérias

Fonte adaptada: Desai e Banat (1997).

A quantidade e qualidade dos biotensoativos produzidos pelas diversas espécies de micro-organismos são influenciadas tanto pela fonte de carbono quanto pelas concentrações de nitrogênio, fósforo, manganês e ferro no meio, além das condições de cultivo, como pH, temperatura e agitação (BANAT, 1995).

Aplicações

Embora a exata função fisiológica dos biotensoativos ainda não tenha sido completamente elucidada, Nitschke e Pastore (2002) citam algumas delas como:

- Emulsificação e solubilização de hidrocarbonetos ou compostos insolúveis em água;
- Transporte de hidrocarbonetos;
- Aderência-liberação da célula a superfícies;
- Atividade antibiótica;

Estas funções agregam a possibilidade de aplicação destes produtos em diferentes usos, em diferentes processos.

As numerosas vantagens dos biotensoativos fazem com que suas aplicações sejam recomendadas na indústria de cosméticos, produtos farmacêuticos, como emulsionantes e umectantes no processamento de alimentos, e ainda na composição de detergentes. Porém, um dos grandes campos de aplicação se dá na biodegradação de poluentes tanto na água como no solo, principalmente de hidrocarbonetos, que quando em contato com o solo são de difícil remoção e/ou degradação por parte dos micro-organismos.

A seleção do biotensoativo para uma determinada aplicação deverá ser feita de acordo com as características requeridas e só depois deve ser realizada a seleção da estirpe microbiana que será utilizada na produção (MULLIGAN, 2005).

2.2.2 Tensoativos biodegradáveis

São compostos que não possuem propriedades resistentes à degradação em meios naturais.

A biodegradação é a atividade metabólica de uma espécie química orgânica, fonte de energia e moléculas de carbono, ocasionada por um micro-organismo (fungos e bactérias), com o propósito de gerar CO₂, metano e massas microbianas orgânicas e inorgânicas. É uma maneira da natureza se livrar dos resíduos através da decomposição orgânica.

Existem diversos tensoativos biodegradáveis no mercado, porém o Linear Alquil Benzeno Sulfonado (LAS) foi um dos precursores nesta área. Ele foi desenvolvido na década de 1960, quando foi observada a resistência e a biodegradação no meio ambiente de tensoativos sintéticos derivados do petróleo, em decorrência de sua cadeia carbônica ser ramificada.

A velocidade e o grau com que o fenômeno de degradabilidade ocorre estão diretamente relacionados com o meio e com os micro-organismos no qual o tensoativo se encontra. Dentre os vários fatores que podem interferir na biodegradação destacam-se: concentração de oxigênio dissolvido, complexação com outros compostos, formação e presença de sais insolúveis de cálcio e magnésio, presença de outros nutrientes orgânicos e variação do pH durante a degradação aeróbica (TEBRAS, 2013).

A biodegradabilidade de produtos tensoativos é vantajosa pois elimina contaminantes orgânicos prejudiciais que a degradação de produtos sintéticos ocasiona e que são nocivos à natureza. Esta característica não é apenas mais um diferencial da matéria-prima, e sim uma qualidade que a sociedade atual exige de diminuição do impacto das manufaturas do homem sobre o meio ambiente.

2.2.3 Aplicação de tensoativos na indústria têxtil

Na sua maioria, os produtos auxiliares utilizados no processo de tingimento na indústria têxtil são formulações à base de tensoativos. Estes são geralmente aniônicos, catiônicos e não-iônicos. Steinhart (2000) define a ação dos tensoativos nas diferentes aplicações têxteis como:

- "Carriers": possuem como base de formulação substâncias não tensoativas, porém contêm tensoativos em sua formulação.

- Igualizantes: são produtos específicos para determinadas fibras e corantes. Existem três tipos de ação dos igualizantes: ter afinidade com a fibra, ter afinidade com o corante e ter sua ação exclusivamente na alteração da tensão superficial, não possuindo afinidade com o corante ou fibra.
- Retardantes: são igualizantes constituídos por tensoativos catiônicos.
- Dispersantes: ou coloides protetores, têm como principal característica impedir a reaglomeração dos sólidos.
- Umectantes: este tensoativo tem como função principal emulgar (retirar) o ar presente no tecido em água, mais especificamente, substituir as superfícies de contato ar/tecido por uma superfície de contato água/tecido.
- Detergentes: são tensoativos que possuem a propriedade de umectar os substratos têxteis, permitindo que, pela quebra da tensão superficial da água, a sujeira seja facilmente removida do material para fase líquida. Mantém em suspensão as partículas removidas, não permitindo que se reaglomerem e se depositem na superfície do substrato. Têm a propriedade de emulsionar as gorduras ou óleos presentes nos substratos têxteis.
- Antiespumantes: agem na estrutura da espuma fazendo com que a mesma perca elasticidade e se rompa.
- Amaciantes: conferem a sensação de maciez e volume, que é dada pela parte hidrófoba da base amaciante. Por esse motivo, a absorção de água dos materiais têxteis fica prejudicada quando da aplicação de um amaciante.

2.2.4 Aplicação de tensoativos naturais e biodegradáveis na indústria têxtil

Tehrani, Singh e Holmberg (2012) estudaram a solubilização de dois tipos diferentes de corantes orgânicos, quinizarina, que possui uma estrutura de antraquinona e Sudão I, com uma estrutura de azo, em soluções aquosas de uma série de tensoativos catiônicos gêmeos, ou bi-tensoativos (compostos de dois grupos hidrofílicos), e agentes tensoativos monoméricos de um tensoativo catiônico convencional conhecido como brometo de dodeciltrimetilamônio (DTAB). Os autores concluíram que os bi-tensoativos catiônicos foram consideravelmente

mais eficientes do que um tensoativo catiônico monomérico DTAB na solubilização dos corantes, demonstrando assim que é possível fazer o uso de tensoativos na solubilização de corantes.

A solubilização de dois corantes orgânicos, Sudão I (1-phenylazo-2-naphthol) e quinizarina (1,4-dihydroxyanthraquinone), por tensoativos aniônicos, catiônicos e não iônicos, foi estudada por Tehrani, Singh e Holmberg (2013). Os efeitos da temperatura, pH e solubilização de eletrólitos do corante foram investigados utilizando-se cada tensoativo individualmente como também misturas binárias destes. Os autores concluíram que a eficiência da solubilização tanto do Sudão I e da quinizarina foi aproximadamente a mesma para tensoativos iônicos e não iônicos em pH ácido e neutro. O trabalho também demonstra que a estrutura da cauda do tensoativo é importante para o poder solubilizante destes compostos.

Keng et al. (2010) estudaram as interações entre vários tensoativos aniônicos e de corantes diretos e os seus efeitos sobre o tingimento de tecidos de algodão. Foi observado que as taxas de tingimento em sistemas de corante/algodão diretos dependiam do grau de desagregação do corante ou seu grau de surfactância durante os banhos de tingimento. Por outro lado, constatou-se que a formação de complexos de corante-tensoativo diminuiu o poder de difusão dos corantes, retardando as taxas de tingimento e conseqüentemente influenciando na cor final dos tecidos.

A utilização de tensoativos em processos de tratamento de efluentes providos da indústria têxtil contendo corantes também é uma alternativa plausível. Álvarez et al. (2013) exploraram uma nova estratégia de tratamento, combinando descoloração biológica seguida de um sistema de separação aquoso bifásico com base de tensoativos não iônicos e sais orgânicos. Os autores concluíram que a estratégia de remediação proposta é válida não só para a remoção de contaminantes individuais presentes no efluente, mas também para uma mistura deles. Além disso, a versatilidade da técnica permite o tratamento tanto de antraquinona e corantes dia-azo com eficiência próxima de 100%. Estes níveis de remediação indicam que a eficiência da estratégia proposta é muito mais elevada em comparação com trabalhos recentes que abordam os diferentes tratamentos para a remediação de contaminantes orgânicos persistentes em efluentes têxteis como os corantes.

A aplicação de tensoativos naturais e biodegradáveis no processo industrial têxtil ainda é pouco explorada, com praticamente nenhum trabalho a respeito publicado. Como citado anteriormente, Tavares (1997) afirma que uma das vantagens dos biotensoativos com

relação aos sintéticos é possuírem menor concentração micelar crítica - CMC em comparação a alguns tensoativos sintéticos, como por exemplo, o Dodecil Sulfato de Sódio – SDS que é um tensoativo muito utilizado em processos industriais, principalmente na área têxtil. A CMC é um fator de muita importância, pois é ela que determina a quantificação indireta da concentração de agentes tensoativos dentro das amostras. Quanto menor for a CMC, maior é a concentração destes agentes que irão produzir menor tensão superficial em menores concentrações de biotensoativo.

Essa característica é interessante para utilização no uso destes produtos na etapa de lavagem pós-tingimento dentro do processo industrial têxtil para a remoção de corantes não fixados à fibra, sendo esta uma área de potencial interesse como foco de estudos na aplicação de técnicas de redução da poluição e valorização de processo

3. MATERIAIS E MÉTODOS

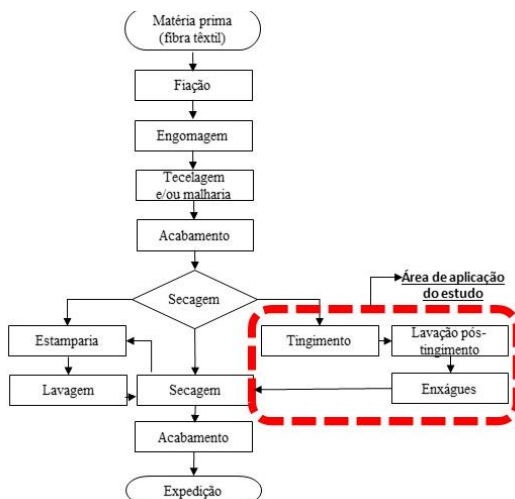
Neste capítulo serão apresentados os reagentes, equipamentos e metodologias utilizados neste trabalho para avaliar a utilização de tensoativos de origem natural e/ou biodegradável em uma etapa do processo industrial têxtil.

O trabalho foi desenvolvido em parceria com uma indústria têxtil de grande porte situada no estado de Santa Catarina.

3.1 MATERIAIS

As etapas de tingimento e lavagem pós-tingimento geram grande parte do volume final de efluente dentro do processo industrial têxtil, cuja composição engloba uma ampla quantidade de produtos. O processo de lavagem pós-tingimento utiliza tensoativos na composição do banho para que haja uma eficiência maior na remoção de corantes hidrolisados retidos na fibra. Sendo assim, esta etapa foi escolhida para aplicação do estudo. A Figura 2 apresenta um fluxograma representando as etapas do processo, onde a área do estudo aparece destacada. Objetivou-se usar como base o processo já utilizado pela empresa parceira, porém adaptado à realidade do laboratório, para que se tivesse uma comparação o mais aproximado possível da situação real.

Figura 2 - Fluxograma do processo

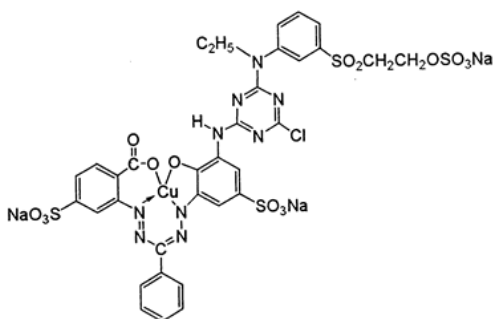


Fonte: Desenvolvido pelo autor

3.1.1 Corantes

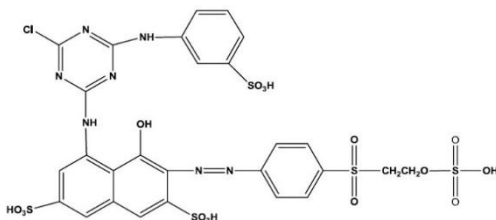
Para o desenvolvimento deste trabalho foram selecionados corantes que representassem cores claras, escuras e médias, sendo assim foram utilizados os corantes reativos, cujas estruturas estão representadas nas figuras 3, 4 e 5, C.I. Reactive Blue 221, também denominado como Azul Reativo 221, Vermelho CQ4BL, também denominado como Vermelho Reativo 195 e Reactive Yellow M-3re, também denominado Amarelo reativo 145. Estes foram utilizados individualmente e em tricromia. Os corantes foram gentilmente cedidos pela empresa têxtil parceira e neste trabalho serão denominados como Azul 221, Vermelho 195, Amarelo 145 e tricromia.

Figura 3 - Estrutura química do corante C.I. Reactive Blue, classificado no Colour Index como C.I. Azul Reativo 221



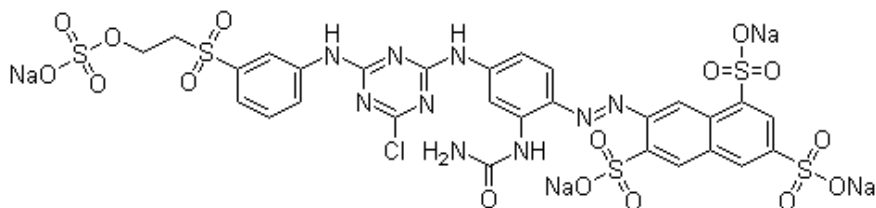
Fonte: WORLD DYE VARIETY, 2012.

Figura 4 - Estrutura química do corante Vermelho CQ4BL, classificado no Colour Index como C.I. Vermelho Reativo 195



Fonte: SONG et al., 2010.

Figura 5 - Estrutura química do corante Reactive Yellow M-3re classificado no Colour Index como C.I. Amarelo Reativo 145



Fonte: GUIDECEM, 2013.

3.1.2 Tecido

O tecido utilizado no experimento foi malha de algodão pré-alvejado apresentando gramatura de 149g/m², cedido pela empresa parceira.

3.1.3 Tensoativo

Foi realizada uma análise de mercado para encontrar produtos tensoativos de origem natural ou que possuíssem algum foco ambiental que pudessem ser utilizados dentro do processo industrial têxtil. A escolha das amostras foi feita de acordo com as características oferecidas pelos produtos como também a disponibilidade de fornecimento destas pelos distribuidores responsáveis.

Foram duas as amostras de tensoativos sintéticos selecionados neste trabalho: Dodecil sulfato de Sódio (SDS) e um comercial utilizado pela empresa parceira denominado como EM 8007.

As amostras de tensoativos naturais e com propriedades biodegradáveis foram disponibilizadas pelas empresas descritas na Tabela 4 abaixo, sendo as fichas técnicas destes produtos apresentadas no Anexo A.

Tabela 4 - Características dos tensoativos naturais e biodegradáveis utilizados no estudo

Produto	Fornecedor	Propriedades
AQUASOFT AMAZONTEX	Pulcra Chemicals	-matéria-prima natural; -extraído de óleos da Amazônia; -líquido viscoso de cor amarelada; -composição uma combinação de compostos anfóteros; -pH entre 4,5 e 5,5.
COTTOCLARIN RF	Pulcra Chemicals	-propriedade biodegradável; -estabilidade em meio alcalino até 5° Be; -caráter não iônico; -líquido transparente; -incolor a amarelado.
ULTRADET LE 6000	Oxitenó	-propriedade biodegradável; -tolerância aos íons de dureza da água; -líquido viscoso transparente; -pH entre 6,0 e 8,0.
ALKONAT CE 50	Oxitenó	-obtido da reação de álcool cetó-estearílico e óleo cetílico de origem natural vegetal com óxido de eteno (EO); -possui aspecto físico sólido, passando para fase líquida quando submetido ao aquecimento; -pH entre 6,0 e 8,0.

Fonte: Desenvolvido pelo autor

O Lauril Sulfato de Sódio (ou Dodecil Sulfato de Sódio-SDS) é um tensoativo aniônico encontrado como principal componente da maioria dos produtos de limpeza. Produzido pela esterificação de ácido sulfúrico com dodecanol (álcool láurico, $C_{12}H_{25}OH$) seguido pela neutralização com carbonato de sódio, resultando na fórmula molecular do produto $C_{12}H_{25}SO_4Na$ com massa molar 288.4 g.mol⁻¹. Na temperatura ambiente e pressão atmosférica ele se apresenta como um sólido branco sem odor aparente.

A respeito do produto EM 8007, não foi fornecido pela empresa a ficha técnica de descrição do produto, apenas foi informado que este é um tensoativo sintético, sem odor aparente, solúvel em água com aparência de um líquido viscoso de cor amarelada com pH entre 6,0 e 8,00.

3.1.4 Reagentes

3.1.4.1 Reagentes tingimento

Os reagentes utilizados no processo de tingimento foram:

- Carbonato de sódio;
- Sulfato de sódio.

3.1.4.2 Reagentes degradação

Os reagentes utilizados no processo de degradação foram:

- N-Aliltiouréia 98% (Aldrich);
- Cloreto de amônio P. A. ACS (Vetec);
- Cloreto de cálcio P. A. (Lafan);
- Cloreto de ferro (ICO) III P.A. (Vetec);
- Cloreto de magnésio 99% (Synth);
- Fosfato de Potássio dibásico anidro P. A. ACS (Vetec);
- Fosfato de sódio dibásico P. A.(Vetec);
- Fosfato de potássio monobásico anidro P. A. ACS (Synth)
- Hidróxido de sódio P. A. (Lafan);
- Sulfato de magnésio P.A. ACS (Vetec).

3.1.5 Equipamentos

Foram utilizados os seguintes equipamentos para realização do trabalho:

- Agitadores magnéticos: Dist;
- Balança analítica: Micronal AB204-S;
- Espectrofotômetro: Shimadzu UV mini-1240;
- Fourlard: Mathis FVH;
- Rama: Mathis, LTE-S-B;
- Tingimento em canecos: Mathis, ALT - I - B até 135 °C.
- TOC: Shimadzu modelo CCPH/CPN
- Goniômetro Ramé-Hart 250-F1

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Escolha das amostras

Realização de uma especulação de mercado para encontrar produtos tensoativos de origem natural ou que possuíssem algum foco ambiental com potencial para utilização no processo industrial têxtil.

A escolha das amostras foi feita de acordo com as características oferecidas pelos produtos como também a disponibilidade de fornecimento destas pelos distribuidores responsáveis. A denominação de cada uma ao longo do estudo se dá da seguinte forma:

- Nat 1: Aquasoft Amazontex
- Nat 2: Alkonat CE 50
- Bio 1: Cottoclarin RF
- Bio 2: Ultradet LE 6000
- QS 1: Dodecil sulfato de Sódio
- QS 2: EM 8007

3.2.2 Determinação da tensão superficial das amostras

Para realização da medida da tensão superficial (TS) foi utilizada a técnica de goniometria feita com o método da gota pendente utilizando-se o Goniômetro Ramé-Hart 250-F1, descrita por Carelli et

al. (2007) onde é mensurado o equilíbrio entre a força gravitacional e a tensão superficial do líquido, representado na figura 5.

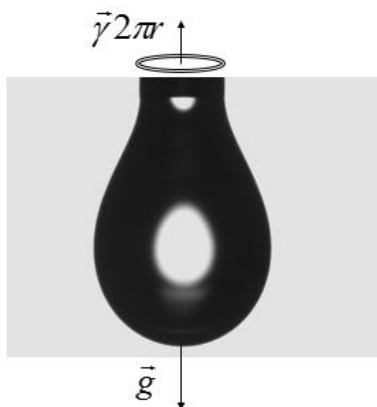
O equipamento calcula no exato momento de desprendimento, a força exercida pelo peso da gota ($m.g$) é equilibrada pela tensão superficial (γ) multiplicada pela circunferência ($2.\pi.r$) da gota formada. Desta forma, a tensão superficial pode ser calculada pela medida da massa (m) de uma gota do líquido, ou mesmo, pelo volume da gota (V) e a densidade do líquido (ρ), de acordo com a Equação (01).

$$\gamma = \frac{m.g}{2.\pi.r.f} = \frac{V.\rho.g}{2.\pi.r.f} \quad (01)$$

Onde f é o fator de correção introduzido para corrigir o volume da gota devido a esta não se separar na forma esférica.

As concentrações de tensoativo testadas foram 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1 g/L, abrangendo a concentração utilizada dentro da empresa parceira, 0,6 a 0,8 g/L.

Figura 6 - Representação do equilíbrio entre a força gravitacional e a tensão superficial do líquido



Fonte: CARELLI et al. 2007.

3.2.3 Tingimentos

O tingimento dos tecidos que foram submetidos aos testes de enxágue, expresso na etapa 1 da Figura 7, segue o procedimento descrito por Farias (2013), sendo realizado em máquina para tingimento de

laboratório HT Alt Mathis, utilizando diferentes corantes. Inicialmente são utilizados 1 % em massa de corante e 50 g/L de sulfato de sódio. Esta solução é colocada em recipiente cilíndrico de aço inox próprio do equipamento, canecos, e adicionada à amostra de tecido, previamente pesada. Os cilindros lacrados são posicionados na máquina de tingimento em canecos com um patamar de 20 min a 60 °C. Após este tempo o processo foi parado e foram adicionados 5 g/L de barrilha (carbonato de sódio) e deixado com um patamar de 40 min a 60°C. Os estudos de tingimento foram realizados com relação de banho 1:8 (m,v). Os ensaios foram realizados em triplicata de experimentos.

3.2.4 Lavagem pós-tingimento

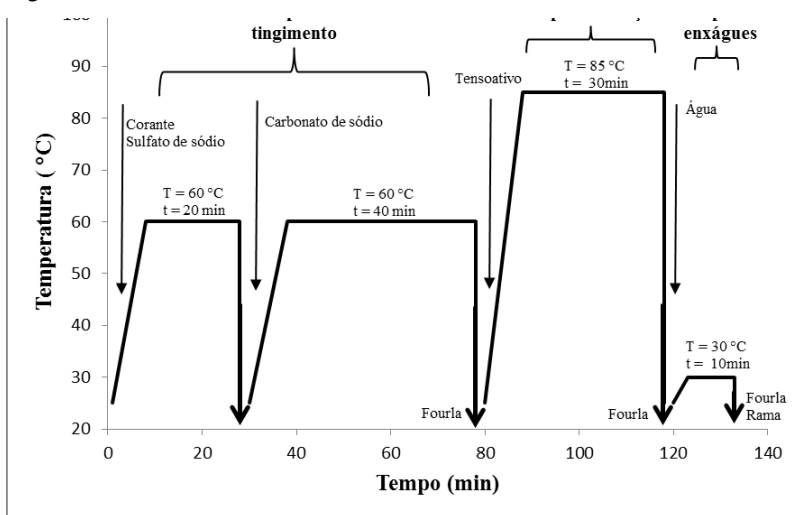
Para todos os estudos de lavagens são utilizadas relações de banho 1:8 (m,v), a uma temperatura de 85°C por 30 min, como descrito na etapa 2 da Figura 7. Após o tingimento, entre cada lavagem e enxágues as amostras de tecidos eram passados no Fourlard, com um pick-up de 100 %, para que todas tivessem a mesma quantidade de solução. No final de todo o processo de lavagem, enxágue e fourlardagem, os tecidos são secos na Rama à uma temperatura de 100 °C durante 5 min e posteriormente enviados para teste de determinação de cor e solidez à lavagem. Cada experimento foi realizado em triplicata para a obtenção de uma margem de confiança de dados maior.

Para a comparação da eficiência como aditivo na remoção de corantes em lavagens pós-tingimento entre tensoativos naturais, biodegradáveis e sintéticos, foram utilizadas diferentes soluções, que apenas se diferem na concentração e tipo de tensoativo utilizado, sendo que as concentrações utilizadas são de 0,5g/L e 1g/L, abrangendo a concentração utilizada pela empresa parceira que fica entre 0,6 e 0,8 g/L.

3.2.5 Enxágues pós-lavagem

Após a lavagem pós-tingimento, os tecidos foram submetidos à enxágues com o objetivo de remover o corante ainda não fixado à fibra de algodão. Foram realizados enxágues de 10 min à 30 °C com água destilada, com relação de banho de 1:8 (m. v.), até o efluente estar praticamente translúcido, com uma presença mínima de corante.

Figura 7 - Processo do estudo



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

3.2.6 Análise dos tecidos

A avaliação dos tecidos após os testes utilizando como aditivos de banho pós-tingimento foi necessária para que pudesse ser observada a existência de alguma alteração nas propriedades finais do tecido, após estas etapas do processo com o uso de cada amostra. Para tal, foram realizadas as seguintes análises: compatibilidade com diferentes corantes, determinação da alteração da cor (determinação do $\Delta\text{E}_{\text{cmc}}$) e solidez à lavagem, luz e água clorada e fricção a seco e a úmido, a seguir descritas detalhadamente.

3.2.6.1 Compatibilidade com diferentes corantes

Existem detergentes/tensoativos que apresentam incompatibilidade com alguns corantes utilizados no processo industrial têxtil. Essa incompatibilidade ocasiona em manchas nos tingimentos feitos com esse corante. Para evitar problemas na qualidade do tecido após o processo de tingimento, o teste de compatibilidade do tensoativo foi feito em laboratório, seguindo a metodologia utilizada nos testes de

lavagem pós-tingimento e observando-se se ocorreu o surgimento de manchas no tecido.

3.2.6.2 Determinação da alteração da cor

As amostras foram avaliadas pela leitura direta de refletância do sistema de coordenadas retangulares empregando a escala de cor CIELAB (1976) (Anexo B). O equipamento utilizado foi um espectrofotômetro MINOLTA Modelo CM-3600 A.

O espaço de cor CIELAB está organizado em formato cúbico onde o eixo L^* é executado de cima para baixo. O máximo para L^* é 100 que representa um perfeito difusor refletindo (Branco). O mínimo de L^* é zero, o qual representa (Preto). Os eixos a^* e b^* não tem limite numérico, porém usa-se como referência o valor de 60 unidades de cor, onde a^* positivo há uma tendência para o vermelho e a^* negativo uma para o verde, b^* positivo há uma tendência para o amarelo e b^* negativo, para o azul (HUNTERLAB, 2008).

3.2.6.3 Testes de solidez à lavagem

Os testes de solidez à lavagem são realizados conforme a NBR ISO 105-C10. É necessária a utilização de um corpo de prova (tecidos de composição 100%) apenas alvejado e sem branqueamento óptico. Um dos tecidos-testemunha deverá ter composição igual àquele que está sendo analisado, enquanto que o outro deverá seguir os padrões da norma conforme determinado ensaio. Os corpos-de-prova dos tecidos foram lavados com 5 g/L de dispersante para lavagem e 2 g/L de barrilha leve (Carbonato de sódio). A solução é adicionada em um recipiente de inox sob condições estabelecidas de temperatura, tempo, agentes químicos e agitação mecânica, de modo a se obter uma possível alteração da cor. A partir dessa alteração de cor é atribuída uma nota de 1-5 de acordo com a escala de cinzas, onde 1 é a nota mínima, significa grande alteração da cor ou baixa solidez e 5 é a nota máxima, que significa cor inalterada ou ótima solidez.

Os testes de solidez à lavagem foram realizados pelo laboratório de Tinturaria da empresa Malwee localizada em Jaraguá do Sul, SC, em aparelho modelo TUBOTEST ATW-3 da marca KIMAK.

3.2.6.4 Testes de solidez à fricção

Este método avalia a transferência de cor de materiais têxteis de qualquer natureza e em qualquer estado de transformação quando submetidos à fricção com outro material e está baseado na NBR 8432 e o aparelho utilizado para este teste é o Crockmeter. O princípio do método consiste em submeter os corpos de prova à fricção usando tecidos testemunha brancos, avaliando-se a transferência de cor. Os corpos de prova devem ser cortados nas dimensões adequadas para o teste e o tecido testemunha deve medir 5cm x 5cm. O tecido testemunha deve ser branco de algodão alvejado quimicamente, sem alvejamento ótico e isento de qualquer produto de acabamento. Os testes foram realizados à úmido e à seco.

A solidez a fricção foi analisada através da escala de cinza seguindo os mesmos procedimentos descritos para a solidez à lavagem e também foram realizados pelo laboratório de Tinturaria da empresa Malwee localizada em Jaraguá do Sul, SC.

3.2.6.5 Teste de solidez à luz 25 h

O teste usa como base a NBR ISO 105-B2, e é utilizado para determinar a resistência da cor de têxteis de todos os tipos e em todas as formas, à ação da luz solar. O corpo de prova, amostra de material têxtil, é exposto por um período de tempo à radiação de uma lâmpada de xenônio, utilizando-se o equipamento Xenotest, fazendo-se o ensaio a seco (onde a amostra é submetida somente a luz de xenônio). E também a úmido (onde a amostra é submetida a luz de xenônio em umidade elevada). A alteração da cor do corpo de prova é avaliada por comparação com as escalas cinza com o auxílio de um espectrofotômetro, onde as notas variam segundo a Tabela 5 abaixo apresentada:

Tabela 5 - Notas para avaliação do teste de solidez a luz

Nota	Avaliação
1 a 3,5	Reprovado
4	Poderá ser aprovado após avaliação visual
4,5 a 5	Aprovado

Fonte: Malwee, 2014.

O teste também foi realizado pelo laboratório de Tinturaria da empresa Malwee localizada em Jaraguá do Sul, SC.

3.2.6.6 Teste de solidez à água clorada

O objetivo deste teste, baseado na norma NBR ISO 105-E03:2009, é determinar a resistência da cor de têxteis de todos os tipos e em todas as formas à ação do cloro ativo em concentrações usadas para a desinfecção de águas de piscina. O corpo e prova do material têxtil é tratado com uma solução diluída de cloro de uma dada concentração e secados separadamente. A alteração da cor do corpo de prova é avaliada por comparação com as escalas cinza em valores de 1 a 5. A aprovação da amostra deve seguir os critérios abaixo expressos na Tabela 6, salvo alguma exceção previamente comunicada.

Tabela 6 - Notas de avaliação das amostras para o teste de solidez à água clorada

Nota	Avaliação
1,0 a 3,5	Reprovado
4,0	Podem ser aprovados, dependendo de avaliação visual
4,5 a 5,0	Aprovado

Fonte: Malwee, 2014.

3.2.6.7 Teste de umectação por capilaridade

Este teste visa determinar quanto tempo é necessário para um determinado material têxtil absorver uma solução líquida.

A amostra é pendurada num suporte localizado a uma distância fixa da cuba com água. Esta possui uma quantidade de água também fixa, controlada por uma escala localizada no fundo do aparelho. Simultaneamente em que a amostra é colocada em contato com a água um cronômetro é acionado, sendo a altura que a água vai percolando pelo tecido medida nos intervalos de 1,2,3,5 e 10 min. (ABATTI, 2007).

Para analisar se o uso dos tensoativos interfere na umectação do tecido, foi utilizado como padrão para base de análise (branco) uma amostra de tecido alvejado sem tingimento e como amostra padrão foi utilizada uma amostra submetida apenas ao processo de tingimento sem lavagem para remoção do corante excedente.

3.2.7 Testes de degradação biológica das amostras

3.2.7.1 Coleta e adaptação do lodo

Considerando que pudessem ocorrer outros mecanismos além da biodegradação, como por exemplo adsorção dos componentes no lodo, para maior efetividade e confiabilidade dos resultados, foi necessário realizar a adaptação da biota presente no lodo às soluções de tensoativo, para que definitivamente a biota consuma estes produtos.

Para tal, primeiramente foi feita a coleta do lodo junto a estação de tratamento da empresa parceira, especificamente na parte procedente ao tanque biológico, antes de passar pelas membranas filtrantes, onde a concentração de lodo no efluente seria maior. Como base referencial para realização de uma metodologia de coleta foi utilizada a NBR 10007.

O recipiente utilizado foi de material plástico, podendo também ser de vidro, previamente higienizado com água destilada e sabão neutro. Foi tomado cuidado para que não fosse preenchido mais de 50% do volume do recipiente de coleta para que houvesse oxigênio suficiente durante o transporte da estação até o laboratório onde foram realizados os testes.

Após a coleta, anteriormente ao início da adaptação do lodo, foi necessário realizar uma lavagem deste lodo para eliminação das sujidades. Sendo assim, foi retirado o máximo possível do sobrenadante do lodo coletado, adicionando-se 1 L de solução de meio mineral descrito no Apêndice B. O meio foi agitado e então deixado decantar para novamente ser retirado o sobrenadante e repetido o processo por mais duas vezes. Assim então estando o lodo pronto para ser utilizado.

Para adaptação da biota aos produtos, foi utilizada a metodologia do teste de análise do consumo de carbono descrita no item 3.2.7.2, porém substituindo o meio com amostra por água com adição de 5 g/L de glicose. Diferentemente do teste de consumo do carbono, a cada 48 h o meio foi alimentado durante um período de sete dias. Após este período esperou-se 48 h e então foram realizadas leituras de quantidade de carbono orgânico total, com equipamento de leitura direta, nas amostras filtradas em membranas de Nylon, a cada 24 h durante cinco dias. Quando há a diminuição dos valores de carbono orgânico total, é porque de alguma forma este carbono está sendo consumido, consequentemente entende-se que biota estava ativa e consumindo o meio.

3.2.7.2 Análise de degradação das amostras por processo biológico

Para realização do teste de degradação de carbono foi utilizado como base o teste de Zahn-Wellens estabelecido pela OECD 302B (Anexo D) para verificação da biodegradabilidade de compostos, devido ao fato do método utilizar a análise do consumo de carbono através da diminuição do Carbono Orgânico Total (COT) das amostras ao longo do teste.

Em recipientes de vidro com volume de 0,5 L, previamente lavados e esterilizados, foram colocadas quantidades de massa de inóculo calculadas utilizando a seguinte correlação:

$$\left(\frac{3}{\% m \text{ seca de lodo } (9\%)} \right) \times vol^{recipiente} (L) \times TOC \left(\frac{mg}{L} \right) amostra \quad (02)$$

Então era adicionado 0,5 L de amostra a ser testada mais os meios minerais A (2,4 mL), B, C e D (240 µl) descritos no Apêndice B. Os recipientes foram submetidos à agitação mecânica e então foi aplicada aeração utilizando-se bombas de ar.

Nas mesmas condições foram feitos dois recipientes: um recipiente contendo glicose, para que este servisse de controle comprovando a atividade do lodo e outro, contendo apenas água, para que fosse observado o comportamento do lodo (referencial).

A primeira amostragem é feita 3 horas após o início da aeração, então realiza-se a leitura de carbono orgânico total após filtrar a alíquota coletada com um filtro de membrana de Nylon para retirada dos sólidos presentes na amostra.

Neste caso não foi avaliada a biodegradabilidade das amostras, mas sim sua degradação, expressa pelo consumo de carbono, ao longo do período de cinco dias (120 h), realizando uma amostragem a cada 24 h, período em que esta ficaria exposta ao processo de tratamento biológico, baseado nas condições utilizadas pela empresa parceira, para que ocorresse uma simulação da situação real.

Foram testadas as amostras na concentração de 0,5 g/L para uma estimativa em condições extremas. É preciso lembrar que no fim do processo industrial estão reunidas águas providas de todas as etapas do processo, tornando assim menor a concentração das amostras no efluente.

A razão do carbono consumido com relação à carga inicial, medida pela leitura do carbono orgânico total (COT), depois de cada

intervalo de tempo, é expressa como a percentagem de biodegradação (Dt) no momento da amostragem.

A curva de degradação é obtida relacionando-se a percentagem de biodegradação com relação ao tempo. A percentagem de biodegradação (Dt) é calculada utilizando a Equação (02) onde é feita a razão do carbono consumido com relação a carga inicial, medida pela leitura do carbono orgânico total (COT) depois de cada intervalo de tempo.

$$Dt = \left[1 - \frac{C_t - C_B}{C_A - C_{BA}} \right] X 100 \quad (03)$$

Onde:

Dt = porcentagem de biodegradação no tempo da amostragem

C_t = concentração (mg/L) de COT após as 3 primeiras horas de incubação

C_B = concentração (mg/L) de COT no tempo da amostragem

C_A = concentração (mg/L) de COT das amostras do referencial após as 3 primeiras horas de incubação

C_{BA} = concentração (mg/L) de COT das amostras do referencial no tempo da amostragem

Assim foi possível verificar como as amostras reagem e se haveria ocorrência de eventuais problemas na etapa pós-processo, onde estas estariam presentes no efluente final da indústria têxtil.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentados os resultados da avaliação do uso de tensoativos de origem natural e com propriedades biodegradáveis em comparação ao uso de tensoativos de origem sintética na etapa de lavagem pós-tingimento nas condições de processo da industrial têxtil, assim como, testes de caracterização e biodegradação dos produtos para que assim fosse possível traçar o perfil de eficiência ecológica de cada uma das amostras.

Inicialmente serão abordados os resultados relacionados à escolha dos produtos testados e a avaliação do uso destes dentro do processo. Em uma segunda etapa serão abordados os resultados da caracterização ecológica dos produtos através do teste de biodegradação.

4.1 ANÁLISES DA UTILIZAÇÃO DE TENSOATIVOS COMO ADITIVOS NA REMOÇÃO DE CORANTES HIDROLIZADOS NO PROCESSO DE LAVAGEM PÓS-TINGIMENTO

4.1 AVALIAÇÃO DA TENSÃO SUPERFICIAL

Como o objetivo do trabalho é estudar o comportamento das amostras de tensoativo dentro do processo industrial têxtil, a tensão superficial foi estudada em diferentes concentrações destes, abrangendo aquelas utilizadas dentro do processo como descrito na seção 3.2.2. O teste não foi aplicado à amostra NAT 2 devido a característica sólida desta que impossibilita manipula-la em temperatura ambiente.

A adição dos tensoativos, tanto os sintéticos como os naturais e com propriedades biodegradáveis, é capaz de reduzir a tensão superficial da água ($\approx 72 \text{ mN m}^{-1}$) para valores na faixa entre 40 e 26 mN m^{-1} (MULLIGAN, 2005). Observando a Tabela 7, pode-se verificar que realmente ocorreu uma redução da tensão superficial da água, após a adição dos tensoativos, para valores abaixo de 40 mN m^{-1} .

Tabela 7 - Efeito da concentração de tensoativo sobre a tensão superficial da água

Concentração de tensoativo [g/L]	Tensão superficial (mN m^{-1})				
	BIO2	NAT1	BIO1	QS 2	QS 1
água	72	72	72	72	72
0,2	29,6	35,15	28,94	30,61	33,17
0,4	29,16	31,01	27,87	30,49	33,1
0,6	28,97	30,67	27,74	30,01	32,9
0,8	28,76	30,53	27,67	29,87	32,45
1,0	27,74	30,2	27,46	29,73	32,35

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Analisando-se a Tabela 7, comparativamente ao tensoativo sintético SDS® (QS 1), os biotensoativos estudados neste trabalho possuem um alto poder de redução da tensão superficial da água.

O Apêndice A apresenta os gráficos separadamente para cada amostra de tensoativo. Em baixas concentrações, na parte esquerda dos gráficos, a adição de tensoativo não é suficiente para a saturação da superfície e a tensão superficial praticamente não é alterada, exceto para

as amostras NAT1 e BIO1 que já começam com uma queda na tensão superficial. Quando ocorre a formação de um filme superficial recobrendo toda a superfície do líquido, a tensão superficial da solução aquosa diminui acentuadamente até o ponto onde se inicia a formação das micelas. Como a CMC é obtida a partir do segundo ponto de inflexão, é possível concluir com os resultados apresentados nos gráficos do Apêndice A que, a concentração micelar crítica dos compostos BIO2 BIO2, QS 2 e QS 1 está acima da concentração máxima utilizada no processo, que é de 1 g/L. As amostras NAT1 e BIO1 apresentaram CMC de aproximadamente 0,5 g/L. Segundo Mulligan & Gibbs (1999), a CMC dos biotensoativos mais eficazes varia entre 0,001-0,2 g L⁻¹, o que demonstra que as amostras NAT1 e BIO1 possuem uma eficiência maior do que as demais.

4.2 ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DO TECIDO APÓS APLICAÇÃO DAS AMOSTRAS DENTRO DO PROCESSO DE LAVAGEM PÓS-TINGIMENTO

Foram realizadas lavagens com as amostras de tensoativos no processo pós-tingimento para remover os corantes Azul 21, Vermelho 195, Amarelo 145 bem como a tricromia desses, não fixados à fibra de algodão alvejado conforme a seção 3.2.4. Os resultados serão apresentados individualmente para cada tipo de corante e para a tricromia. Inicialmente serão expostos os dados relativos à compatibilidade das amostras de tensoativos com diferentes corantes, em seguida análise da cor dos tecidos após o processo de lavagem e posteriormente os dados de solidez à lavagem, luz e água clorada e fricção à úmido e à seco.

4.2.1 Análise da compatibilidade com diferentes corantes

O procedimento foi testado em lavagens após tingimento com os corantes reativos Azul 221, Vermelho 195, Amarelo 145 como também do tingimento utilizando a tricromia destes corantes.

Não foi observada nenhuma formação de manchas ou afins após o processo de lavagem com todas as amostras de tensoativos, como pode ser observado nas Figuras 8, 9 10 e 11, concluindo assim que não há problemas de incompatibilidade das amostras com os corantes utilizados.

Figura 9 - Amostras tingidas com o corante Azul 221



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 8 - Amostras tingidas com o corante Vermelho 195



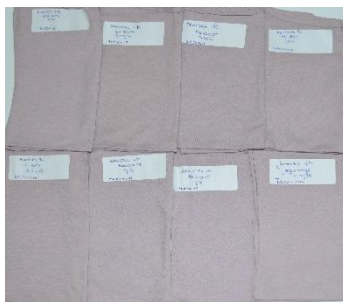
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 11 - Amostras tingidas com o corante Amarelo 145



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 10 - Amostras tingidas com a tricromia dos corantes



Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.2.2 Análise dos parâmetros de cor do tecido para o corante Azul 221

Como padrão de análise foi utilizada uma amostra de tecido submetida apenas ao processo de tingimento sem lavagem para remoção do corante excedente, segundo procedimento descrito na seção 3.2.6.2. Foram utilizadas duas concentrações de tensoativos, uma mínima e outra máxima, sendo elas de 0,5 e 1 g/L abrangendo concentração utilizada atualmente dentro do processo da empresa. As médias dos resultados obtidos em triplicata estão apresentadas nas Tabelas 8 e 9 para as concentrações de tensoativo de 0,5 e 1g/L respectivamente.

Tabela 8 – Resultado dos testes de lavagens pós-tingimento com o corante reativo Azul 221. [Tensoativo] 1g/L

Amostra de Tensoativo	L*	a*	b*	ΔE_{cmc}
Padrão	67,30	-4,58	-20,45	-
BIO2 BIO2	69,66 $\pm 0,49$	-4,86 $\pm 0,10$	-19,07 $\pm 0,38$	2,24 $\pm 1,01$
NAT1	68,68 $\pm 0,5$ 2	-4,72 $\pm 0,3$	-19,04 $\pm 0,32$	2,08 $\pm 0,51$
BIO1	68,95 $\pm 0,4$ 6	-4,79 $\pm 0,04$	-18,77 $\pm 0,07$	2,39 $\pm 0,40$
QS 2	69,25 $\pm 0,2$ 4	-4,72 $\pm 0,04$	-18,89 $\pm 0,16$	2,52 $\pm 0,28$
QS 1	69,04 $\pm 0,3$ 3	-4,72 $\pm 0,03$	-19,01 $\pm 0,11$	2,27 $\pm 0,32$
NAT 2	68,23 $\pm 0,7$ 1	-4,70 $\pm 0,04$	-19,34 $\pm 0,30$	1,68 $\pm 0,35$

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Tabela 9 – Resultado dos testes de lavagens pós-tingimento com o corante reativo Azul 221. [Tensoativo] 0,5g/L

Amostra de Tensoativo	L*	a*	b*	ΔE_{cmc}
Padrão	67,30	-4,58	-20,45	-
BIO2 BIO2	68,96 $\pm 0,38$	-4,71 $\pm 0,01$	-19,04 $\pm 0,18$	2,28 $\pm 0,48$
NAT1	69,24 $\pm 0,14$	-4,71 $\pm 0,01$	-18,83 $\pm 0,021$	2,63 $\pm 0,06$
BIO1	69,18 $\pm 0,72$	-4,73 $\pm 0,03$	-18,95 $\pm 0,33$	2,43 $\pm 0,75$
QS 2	67,8 $\pm 0,42$	-4,74 $\pm 0,02$	-19,68 $\pm 0,20$	0,99 $\pm 0,33$
QS 1	68,05 $\pm 0,43$	-4,71 $\pm 0,06$	-19,5 $\pm 0,21$	1,27 $\pm 0,43$
NAT 2	68,44 $\pm 0,27$	-4,72 $\pm 0,01$	-19,45 $\pm 0,20$	1,54 $\pm 0,33$

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Legenda - BIO2 BIO2=ULTRADET LE 6000; NAT1=Aquasoft Amazontex; BIO1=Cottoclarin RF; QS 2=EM 8007; QS 1= SDS; NAT 2=Alkonat CE 50.

A coordenada L^* corresponde a luminosidade do tecido, quanto maior o valor de L^* maior a luminosidade deste e, neste caso, maior foi a perda de cor do tecido. Os Valores de L^* ficaram bem próximos para todas as amostras porém, aquelas onde foram utilizados os tensoativos NAT 2 e QS 2 na lavagem pós-tingimento foram as que apresentaram menor valor, nas concentrações de aplicação 0,5 e 1 g/L respectivamente, demonstrando uma menor perda de cor durante o processo. A amostra submetida à lavagem com o tensoativo QS 1 apresentou maior grau de luminosidade na menor concentração de tensoativo, porém aumentando a concentração de tensoativo a amostra NAT1 foi a que obteve maior grau de luminosidade, ultrapassando o valor obtido pela amostra QS 1 na menor concentração, tendo a amostra QS 1 uma diminuição no valor de luminosidade na maior concentração. Comparando com a amostra padrão todas as amostras se aproximam ao valor de luminosidade porém, a amostra QS 2 foi a que apresentou maior proximidade ao padrão, conseqüentemente menor perda de cor.

Com relação à coordenada colorimétrica com intensidade variável em vermelho e verde, a^* , os valores de leitura se apresentaram menores que zero, demonstrando assim uma tendência de intensidade à verde para todas as amostras de tecido e apresentando novamente valores muito próximos entre si. Comparando com a amostra padrão, os valores de a^* de todas alíquotas mostraram grande proximidade a esta.

Os valores obtidos para a coordenada b^* , que correspondem a intensidade variável em amarelo e azul, ficaram todos abaixo de zero, portanto, apresentaram uma maior tendência para o azul.

Considerando que quanto menor o ΔE mais aproximado do tecido referencial a cor da amostra se encontra, assim podendo ser observada a alteração da cor do tecido após a lavagem, os resultados obtidos demonstram que a relação entre aumento de luminosidade e a perda de cor está correta. As amostras lavadas com o tensoativo de origem natural NAT 2 apresentaram melhores resultados com relação à menor concentração e o tensoativo sintético QS 2 com relação à maior concentração no banho, correspondendo aos resultados apresentados com relação a análise de perda de cor relacionada à luminosidade, apresentadas acima.

As amostras expostas aos tensoativos tanto naturais como os com propriedades biodegradáveis apresentaram resultados semelhantes entre si para as duas concentrações, porém a amostra NAT 2 apresentou resultados bem aproximados aos sintéticos já utilizados amplamente.

4.2.3 Análise dos parâmetros de cor do tecido para o corante Vermelho 195

Foram analisados os mesmos parâmetros utilizados para o corante Azul 221. Os resultados de leitura de cor referentes ao corante Vermelho 195 estão apresentados na Tabela 10 para concentração de tensoativo de 0,5 g/L e na Tabela 11 para concentração de tensoativo de 1 g/L.

Tabela 10 - Resultado dos testes de lavagens pós-tingimento com o corante reativo Vermelho 195. [Tensoativo] 0,5g/L

Amostra de Tensoativo	L*	a*	b*	ΔE_{cmc}
Padrão	66,98	33,70	-8,88	-
BIO2 BIO2	67,93 $\pm 0,24$	37,50 $\pm 0,10$	-7,86 $\pm 0,05$	4,07 $\pm 0,08$
NAT1	68,34 $\pm 1,86$	36,98 $\pm 1,93$	-7,94 $\pm 0,01$	4,29 $\pm 0,5$
BIO1	68,26 $\pm 0,41$	37,34 $\pm 0,22$	-7,84 $\pm 0,07$	3,96 $\pm 0,15$
QS 2	68,05 $\pm 0,48$	37,28 $\pm 0,38$	-8,00 $\pm 0,07$	3,89 $\pm 0,19$
QS 1	67,48 $\pm 0,15$	38,05 $\pm 0,15$	-7,83 $\pm 0,10$	4,53 $\pm 0,16$
NAT 2	68,29 $\pm 0,25$	37,12 $\pm 0,59$	-7,91 $\pm 0,07$	3,85 $\pm 0,19$

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Tabela 11 - Resultado testes lavagens pós-tingimento com o corante reativo Vermelho 195. [Tensoativo] 1g/L

Amostra de tensoativo	L*	a*	b*	ΔE_{cmc}
Padrão	66,98	33,70	-8,88	-
BIO2 BIO2	68,60 $\pm 1,77$	33,04 $\pm 0,64$	-8,07 $\pm 0,18$	3,68 $\pm 0,17$
NAT1	62,58 $\pm 0,12$	33,81 $\pm 0,49$	-5,42 $\pm 2,77$	3,33 $\pm 0,43$
BIO1	68,23 $\pm 0,11$	37,04 $\pm 0,04$	-7,90 $\pm 0,05$	3,65 $\pm 0,10$
QS 2	67,92	37,31	-7,97	3,9 $\pm 0,33$

	$\pm 0,55$	$\pm 0,53$	$\pm 0,04$	
QS 1	68,38	36,83	-7,93	3,62
	$\pm 0,44$	$\pm 0,60$	$\pm 0,02$	$\pm 0,37$
NAT 2	68,07	36,83	-7,13	3,59
	$\pm 0,44$	$\pm 0,50$	$\pm 0,10$	$\pm 0,59$

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Para o parâmetro de luminosidade L^* , assim como para o corante Azul 221, os valores obtidos para as amostras não se distanciaram ao valor obtido para o padrão porém, apresentaram aumento na luminosidade de todas as amostras de tecido demonstrando assim uma perda de cor para todas elas. Ocorreu uma maior diferenciação entre os valores das amostras onde, aquelas que apresentaram menor valor de luminosidade nas concentrações de aplicação 0,5 e 1g/L foram as submetidas a lavagem com os tensoativos QS 1 e NAT1 sucessivamente, demonstrando uma menor perda de cor durante o processo.

Os valores medidos indicam que as amostras tendem para o vermelho sendo o $a^* > 0$ para todas as amostras. Na situação onde foi utilizada menor concentração de tensoativo todas as amostras apresentam um aumento nos valores de a^* o que indica que as amostras tendem mais ao vermelho, correspondendo ao aumento da intensidade da cor. Pode-se observar que na maior concentração as amostras lavadas com os tensoativos BIO2 BIO2 e NAT1 obtiveram valores mais baixos do que quando utilizadas na concentração menor, com valores bem aproximados ao padrão, porém as amostras BIO1, QS 2, QS 1 e NAT 2 continuaram a apresentar aumento no valor de a^* .

Os valores de b^* medidos apresentaram uma tendência maior para o azul, pois apresentam $b^* < 0$. Para menor concentração de tensoativo todas as amostras apresentaram valores muito próximos ao do padrão. Já para as amostras onde foi utilizada maior concentração na lavagem, pode-se observar o aumento nos valores de b^* para todas as amostras, porém aquela onde o tensoativo NAT1 foi aplicado esse fenômeno foi mais significativo demonstrando assim mais uma vez que ocorreu aumento na intensidade da cor do tecido.

Com relação ao parâmetro que quantifica a alteração da cor, os valores de ΔE para ambas as concentrações são bem aproximados. A amostra que apresentou melhor resultado nos testes com menor concentração de tensoativo foi a amostra obtida através de matéria-prima de origem natural NAT 2, cujo valor de ΔE aproximou-se do

valor obtido na leitura da amostra QS 2 que representa o tensoativo sintético. A diferença entre o maior valor de ΔE (QS 1) e menor valor (NAT 2) é de 0,67, o que pode ser considerada uma diferença relativamente baixa.

Para os testes com maior concentração de tensoativo, o menor valor de ΔE foi da amostra natural NAT1. É possível observar na Tabela 10 que tanto as amostras naturais como biodegradáveis apresentam melhores resultados de ΔE em comparação às amostras de produtos de origem sintética.

4.2.4 Análise dos parâmetros de cor do tecido para o corante Amarelo 145

Os parâmetros de análise de leitura de cor para as amostras tingidas com o corante Amarelo 145 estão apresentados na Tabela 12 para concentração de tensoativo de 0,5 g/L e na Tabela 13 para concentração de tensoativo de 1 g/L.

Tabela 12 - Resultado testes lavagens pós-tingimento com o corante reativo Amarelo 145. [Tensoativo] 0,5g/L

Amostra de Tensoativo	L*	a*	b*	ΔE_{cmc}
Padrão	82,62	10,07	41,72	-
BIO2 BIO2	84,23 ±0,10	8,33 ±0,24	42,43 ±0,43	3,13 ±0,08
NAT1	83,73 ±0,68	8,35 ±0,10	43,00 ±0,31	3,26 ±0,03
BIO1	84,4 ±0,08	8,29 ±0,11	42,49 ±0,06	3,3 ±0,13
QS 2	84,47 ±0,13	7,93 ±0,13	41,79 ±0,13	3,48 ±0,15
QS 1	84,42 ±0,17	7,98 ±0,07	41,67 ±0,23	3,49 ±0,15
NAT 2	83,88 ±0,47	7,65 ±0,32	42,12 ±0,38	3,03 ±0,26

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Tabela 13 - Resultado testes lavagens pós-tingimento com o corante reativo Amarelo 145. [Tensoativo] 1g/L

Amostra de Tensoativo	L*	a*	b*	ΔE_{cmc}
Padrão	82,62	10,07	41,72	-
BIO2	79,59 ±0,84	6,40±0,8 6	40,59 ±0,04	3,70 ±0,08
NAT1	82,74 ±0,39	8,60 ±0,11	43,97 ±0,27	2,77 ±0,19
BIO1	83,18 ±0,08	8,49 ±0,13	43,58 ±0,09	2,54 ±0,09
QS 2	83,30 ±0,54	7,45 ±0,33	41,30 ±0,89	2,85 ±0,58
QS 1	83,82 ±0,36	7,27 ±0,34	40,54 ±0,85	3,31 ±0,32
NAT 2	83,17 ±0,22	8,09 ±0,14	43,06 ±0,62	2,52 ±0,23

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Como o corante amarelo representa uma cor clara, e a escala máxima de luminosidade (mais próximo do branco) é 100, todas as amostras apresentaram valores de L* bastante elevados em comparação aos outros corantes. A amostra que apresentou resultado mais aproximado a amostra padrão foi aquela lavada com o tensoativo NAT1 na concentração de 1 g/L. As demais amostras apresentaram variações maiores, sendo que, a amostra BIO2 obteve valor de L* abaixo do apresentado pela amostra padrão e as demais com valores superiores, o que indica um aumento da luminosidade e conseqüentemente uma perda maior de cor. Pode ser observado que quando aumentou-se a concentração de tensoativo no banho de lavagem a perda de cor foi um pouco menor, o que pode ser explicado devido ao fato de que em maior concentração o tensoativo captura as moléculas de corante excedentes na fibra com maior eficiência agredindo menos o tecido durante os enxágues.

O parâmetro $a^* > 0$ para todas as amostras nas duas concentrações de utilização dos tensoativos na lavagem, aponta que todas tendem a vermelho.

Como esperado todos os valores de b* ficaram significativamente acima de zero, o que indica que a cor tende ao amarelo.

Nos testes com menor concentração de tensoativo, Tabela 12, a amostra que apresentou melhor resultado também foi a amostra obtida através de matéria-prima de origem natural NAT 2, como nos testes com o corante Vermelho 195. Embora os valores de ΔE possuam uma variação pequena entre as amostras, sendo a diferença entre o maior valor (QS 1) e o menor valor (NAT 2) de 0,46, as amostras de origem natural e de origem biodegradável apresentam melhores valores com relação às sintéticas. Nos testes com maior concentração de tensoativo a amostra NAT 2 também apresentou melhor resultado, possuindo uma diferença de 1,19 no valor de ΔE em comparação a amostra que apresentou maior valor (BIO2). Neste caso não ocorreu a predominância de melhores resultados do grupo de tensoativos naturais ou biodegradáveis, sendo estes alternados com os de origem sintética, porém possuindo valores bem aproximados como pode ser observado na Tabela 13.

4.2.5 Análise dos parâmetros de cor do tecido para tricromia dos corantes Azul 221, Vermelho 195 e Amarelo 145

Os mesmos parâmetros analisados para os corantes Azul 221 e Vermelho 195 e Amarelo 145 individualmente, foram avaliados para a tricromia destes. Os resultados referentes a essa amostragem estão expressos nas Tabelas 14 e 15 para as concentrações de tensoativo no banho de 0,5 e 1 g/L sucessivamente.

Tabela 14 - Resultado testes lavagens pós-tingimento com tricromia de corantes reativos Amarelo 145, Vermelho 195 e Azul 221. [Tensoativo] 0,5 g/L

Amostra de Tensoativo	L*	a*	b*	ΔE_{cmc}
Padrão	66,60	7,10	-0,17	-
BIO2	68,24 $\pm 0,59$	7,15 $\pm 1,03$	-0,22 $\pm 0,20$	1,83 $\pm 0,67$
NAT1	68,05 $\pm 0,29$	7,50 $\pm 0,28$	0,43 $\pm 0,06$	1,67 $\pm 0,25$
BIO1	67,71 $\pm 0,55$	7,61 $\pm 0,08$	0,43 $\pm 0,53$	1,43 $\pm 0,58$
QS 2	68,11 $\pm 0,54$	7,88 $\pm 0,68$	1,04 $\pm 0,17$	2,21 $\pm 0,23$
QS 1	68,17 $\pm 0,73$	7,97 $\pm 0,70$	0,57 $\pm 0,94$	2,19 $\pm 0,73$

NAT 2	67,84 ±0,62	6,57 ±0,10	1,67 ±0,92	2,32 ±1,06
-------	----------------	---------------	---------------	---------------

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Tabela 15 - Resultado testes lavagens pós-tingimento com tricromia de corantes reativos Amarelo 145, Vermelho 195 e Azul 221. [Tensoativo] 1 g/L

Amostra de Tensoativo	L*	a*	b*	ΔE_{cmc}
Padrão	66,60	7,10	-0,17	-
BIO2	66,51 ±0,71	7,35 ±0,71	-0,46 ±0,54	1,01 ±0,19
NAT1	68,75 ±0,21	7,18 ±0,73	-0,86 ±0,41	2,34 ±0,36
BIO1	68,75 ±0,74	7,50 ±0,13	-0,47 ±1,21	2,41 ±0,33
QS 2	68,91 ±0,69	7,32 ±0,07	0,40 ±0,69	2,45 ±0,76
QS 1	69,39 ±0,73	6,68 ±0,68	-0,03 ±0,68	2,93 ±0,75
NAT 2	66,21 ±0,62	7,05 ±0,62	-0,88 ±0,25	1,05 ±0,95

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Os valores de L* mais baixos demonstram que ocorreu a predominância das cores mais escuras no tingimento, neste caso o Azul 221 e Vermelho 195. Não há uma variação muito significativa dos valores entre si para as duas concentrações de tensoativo no banho. Em comparação com a amostra padrão, a luminosidade aumenta quando as amostras são lavadas com a maior concentração de tensoativo.

Os valores medidos indicam que as amostras tendem para o vermelho, pois o $a^* > 0$ em todos os valores.

Cinco amostras obtiveram valores de $b^* < 0$ apresentando assim uma tendência ao azul, porém a amostra QS 2 apresentou valor de $b^* > 0$, o que indica que esta amostra tem uma tendência maior para o amarelo, porém o valor ainda continua significativamente baixo, ainda apresentando uma proximidade às outras amostras. Essa variação ocorre devido ao fato do desprendimento maior de um corante com relação ao outro da fibra durante as lavagens.

Para os testes com a mistura dos três corantes anteriormente citados algumas amostras apresentaram valores de ΔE baixos em

comparação aos testes com cada corante separadamente, como pode ser observado nas Tabelas 14 e 15.

Pode ser observado que, nos banhos com menor concentração de tensoativo ocorreu uma perda menor de cor, principalmente para as amostras BIO2, NAT1, e BIO1. A amostra que apresentou menor valor de ΔE após a lavagem com 0,5g/L de tensoativo foi BIO1 e mais uma vez as amostras naturais e biodegradáveis apresentaram, em sua maioria, melhores resultados como pode ser observado na Tabela 14. A amostra que apresentou menor alteração da cor após lavagem com a concentração de tensoativo de 1g/L foi BIO2 (com característica de biodegradabilidade), sendo os maiores valores de ΔE resultantes dos testes com as amostras sintéticas QS 2 e QS 1, com a diferença dos valores de 1,44 e 1,92 respectivamente em comparação à BIO2.

É importante notar que os tecidos tingidos, para todos os corantes, ainda apresentaram coloração, apesar de ser diferente das cores originais, antes de serem lavados. Isto é, os tecidos não ficaram desbotados após a lavagem a ponto de ficarem brancos como o tecido antes do tingimento. Apenas tiveram uma alteração de nuance em relação ao tecido após o tingimento.

4.2.6 Teste de solidez à lavagem

Para todos os tecidos, que passaram pelas lavagens com cada uma das amostras de tensoativo, após o tingimento foram realizados testes de solidez à lavagem conforme a NBR ISO 105-C10, descrita na seção 3.2.6.3.

Os corpos-de-prova utilizados como referencial para o teste de solidez apresentaram Grau 4,5 para solidez a lavagem para os três corantes, Azul 221, Vermelho 195, Amarelo 145 e para tricromia destes. Em análise verificou-se que, para todas as amostras de tensoativos nas duas concentrações de teste todos os tecidos tingidos com os corantes individualmente, bem como para tricromia destes, apresentaram o mesmo grau de solidez à lavagem que o corpo-de-prova, que é considerada uma boa solidez, conforme apresentado na escala de cinzas BS 1006 AO2 descrita no Anexo C.

Conforme ABCQT (2015), os amaciantes podem possuir afinidade para com a fibra, sendo que os que não apresentam, não possuem solidez à lavagem pois aderem-se somente à superfície do substrato. Como citado por Steinhart (2000), os tensoativos são considerados agentes amaciantes; neste caso, os tensoativos utilizados apresentam afinidade com a fibra resultando resultados positivos para o teste de solidez à lavagem.

4.2.7 Teste de fricção a úmido e a seco

Como ocorrido no teste de solidez à lavagem, todas as amostras de tecido apresentaram nota 4,5, que também corresponde a nota do referencial, demonstrando que o tratamento não favoreceu e nem diminuiu a solidez à fricção para quaisquer um dos três corantes no tecido. Este resultado é importante considerando que ocorreu uma ligeira melhora nos valores da intensidade da cor para algumas amostras.

4.2.8 Teste de solidez à luz

Os resultados de solidez a luz obtidos para as alíquotas tingidas com os corantes Azul 221 e Amarelo 145 foram iguais para todas as amostras incluindo o corpo-de-prova, recebendo nota 4,5.

O corpo-de-prova utilizado como referencial para o teste de solidez com as alíquotas tingidas com o corante Vermelho 195 recebeu nota 3,5 sendo que, as amostras lavadas com os tensoativos NAT1 e QS 1 na concentração de 1 g/L receberam a mesma nota para o teste. O restante das alíquotas recebeu nota 4, o que demonstra que houve um pequeno aumento na solidez à luz para amostras tingidas com este corante após utilização dos tensoativos nos banhos.

Para as amostras tingidas com a tricromia dos corantes, apenas as submetidas a lavagem com os tensoativos BIO1 na concentração de 1 g/L e QS 2 na concentração 0,5 g/L apresentaram nota 3,5 para solidez à luz, que corresponde também à amostra referencial, o restante apresentou um pequeno aumento na solidez recebendo nota 4, demonstrando assim que a aplicação de todas as amostras de tensoativo auxiliou na conservação da cor do tecido quando exposto a luz.

4.2.9 Teste de solidez à água clorada

As amostras tingidas com o corante Azul 221 receberam nota 2 para o teste de solidez à água clorada, incluindo a amostra referencial, o que demonstra que a solidez não é alterada com a utilização dos produtos no banho.

Os resultados obtidos para as amostras tingidas com o corante Vermelho 195 diferenciaram-se entre si, variando as notas entre 3 a 4, ficando o referencial com nota 3,5. As amostras que foram submetidas a lavagem com os tensoativos NAT1, QS 1 e NAT 2, nas duas concentrações de teste e BIO1 na concentração de 0,5 g/L obtiveram

um decréscimo na solidez à água clorada com relação ao referencial, sendo 3 a nota recebida por estas no teste. Já as amostras lavadas com os tensoativos BIO2, nas duas concentrações de teste, BIO1 e QS 2 na concentração de 1 g/L apresentaram o mesmo valor de solidez apresentado pelo referencial. A única amostra que apresentou aumento da solidez, de 3,5 para 4 foi a amostra lavada com o tensoativo QS 2 na concentração de 0,5 g/L.

Para as amostras tingidas com o corante Amarelo 145, todas apresentaram um aumento na solidez a água clorada. O referencial apresentou nota 2, as amostras onde foram utilizados na lavagem os tensoativos BIO2, NAT1, QS 2, na concentração de 1g/L, QS 1 e NAT 2 na concentração 0,5 g/L, com nota de 2,5 e aquelas onde foram utilizados os tensoativos BIO2, NAT1, QS 2 na concentração 0,5 g/L, QS 1 e NAT 2 na concentração 1 g/L a nota recebida foi 3. Contudo pode-se observar que ocorreu uma queda na solidez para as amostras lavadas com BIO2, NAT1 e QS 2, quando a concentração de tensoativo aumentou e ao contrário destas, um aumento na solidez para as amostras lavadas com QS 1 e NAT 2 quando a concentração destes no banho aumentou.

Para os tecidos tingidos com a tricromia dos corantes, apenas as amostras lavadas com os tensoativos QS 2 e NAT 2 na concentração 0,5 g/L apresentaram um aumento na solidez a água clorada, ficando com nota 2,5 sendo que o referencial recebeu nota 2. Com o aumento da concentração do tensoativo NAT 2 no banho, a nota da solidez das amostras baixou para 1,5. As demais alíquotas receberam nota 2, igualmente ao referencial.

Pode ser observado que há uma alteração no teste de solidez à água clorada quando aplicado as amostras de tensoativo nas lavações pós-tingimento, mas que para o corante Azul 221 esta observação não se aplica, ficando com melhores resultados a aplicação para lavagens após tingimento com o corante Amarelo 145.

4.2.10 Teste de umectação e capilaridade

O teste de umectação por capilaridade pode indicar se a utilização dos tensoativos no banho de lavagem pós-tingimento nas amostras aumentaram ou não a afinidade da fibra pelo meio aquoso e quais as melhores opções dentre os produtos utilizados para melhorar a umectação da fibra, visto que, esta propriedade é importante nos processos de beneficiamento têxtil. Os resultados para este teste serão

apresentados individualmente para cada tipo de corante e para a tricromia, segundo procedimento descrito na seção 3.2.6.7.

4.2.10.1 Teste de umectação e capilaridade de amostras tingidas com corante Azul 221

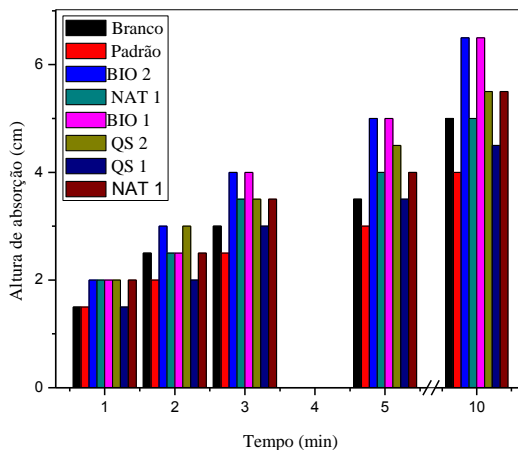
A Tabela 16 apresenta os resultados em termos de umectabilidade dos tecidos tingidos com corante Azul 221 lavados com tensoativo na concentração de 0,5g/L.

Tabela 16 - Teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Azul 221. [Tensoativo] 0,5g/L

	Amostra	Tempo (min)				
		1	2	3	5	10
Altura de absorção (cm)	Branco	1,5	2,5	3,0	3,5	5,0
	Padrão tingimento	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0
	BIO2	2,0	3,0	4,0	5,0	6,5
	NAT1	2,0	2,5	3,5	4,0	5,0
	BIO1	2,5	3,5	4,0	5,0	6,5
	QS 2	2,0	3,0	3,5	4,5	5,5
	QS 1	1,5	2,0	3,0	3,5	4,5
	NAT 2	2,0	2,5	3,5	4,0	5,5

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Gráfico 1 - Gráfico relacionado à Tabela 16. Comparação dos resultados do teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Azul 221. [Tensoativo] 0,5 g/L.



Fonte: Desenvolvido pelo autor

A Tabela 16 e o Gráfico 2 mostram que os melhores resultados de umectação foram obtidos nas amostras onde foram utilizados os tensoativos BIO2 e BIO1 no banho de lavagem pós-tingimento. No tempo 1 min pode-se observar que todas as amostras possuem um nível de absorção próximo, mas a amostra BIO1 já aparece com vantagem de meio centímetro de absorção. Já no instante de tempo 3 min a amostra BIO2 alcança a mesma altura de absorção da amostra BIO1, e se mantém assim até o tempo final de 10 min. As amostras onde foi aplicado o tensoativo QS 1 no banho apresentaram menor valor de absorção e menor evolução em todos os tempos.

Para as amostras de tecido lavadas após o tingimento com a concentração de tensoativo no banho de 1 g/L os resultados estão expressos na Tabela 17.

Observando os dados acima apresentados na Tabela 17 bem como no gráfico 3, as amostras que apresentaram melhores resultados com maior concentração de tensoativo no banho foram aquelas onde foram utilizados os tensoativos QS 2 e QS 1 que obtiveram os mesmos resultados ao decorrer de todo o ensaio. Assim como para as amostras anteriormente citadas, as amostras BIO2 e BIO1 também obtiveram os mesmos valores de altura de absorção o decorrer de todo o teste ficando após o tempo 3min. um pouco abaixo das amostras QS 2 e QS 1. Nos

testes com menor concentração a amostra onde foi utilizado o tensoativo QS 1 obteve menor valor de absorção em comparação às outras amostras, aumentando a concentração de tensoativo no banho esta amostra demonstrou melhor desempenho, alcançando o valor de absorção obtido pelas melhores amostras na menor concentração de tensoativo.

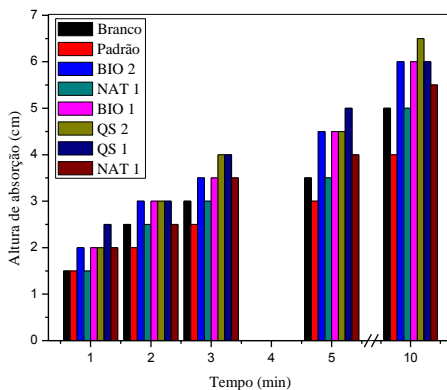
Outro ponto que pode ser observado com os resultados apresentados pela amostra padrão é que, apenas o processo de tingimento reduz o grau de umectação do tecido e que a lavagem das amostras com a utilização de tensoativos resulta no aumento da afinidade da fibra pelo meio aquoso, provando assim que o aumento da intensidade da cor relatado nos testes de alteração da cor, pode ser atribuído a uma umectação maior das amostras de tecido que obtiveram este resultado.

Tabela 17 - Teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Azul 221. [Tensoativo] 1g/L

	Amostra	Tempo (min)				
		1	2	3	5	10
Altura de absorção (cm)	Branco	1,5	2,5	3	3,5	5
	Padrão tingimento	1,5	2	2,5	3	4
	BIO2	2	3	3,5	4,5	6
	NAT1	1,5	2,5	3	3,5	5
	BIO1	2	3	3,5	4,5	6
	QS 2	2	3	4	4,5	6,5
	QS 1	2,5	3	4	5	6
	NAT 2	2	2,5	3,5	4	5,5

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Gráfico 2 - Gráfico relacionado à Tabela 17. Comparação dos resultados do teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Azul 221. [Tensoativo]1 g/L



Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.2.10.2 Teste de umectação e capilaridade de amostras tingidas com corante Vermelho 195

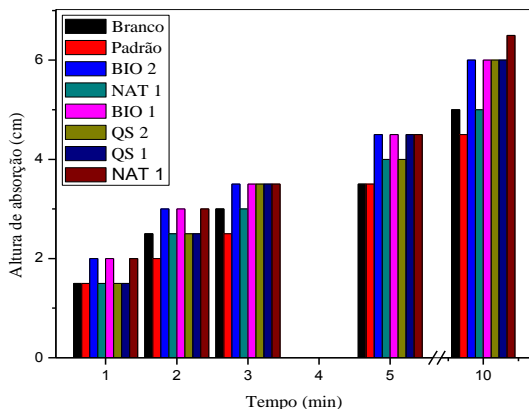
A Tabela 18 apresenta os resultados em termos de umectabilidade dos tecidos tingidos com corante Vermelho 195 lavados com tensoativo na concentração de 0,5 g/L.

Tabela 18 - Teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Vermelho 195. [Tensoativo] 0,5 g/L

	Amostra	Tempo (min)				
		1	2	3	5	10
Altura de absorção (cm)	Branco	1,5	2,5	3	3,5	5
	Padrão tingimento	1,5	2	2,5	3,5	4,5
	BIO2	2	3	3,5	4,5	6
	NAT1	1,5	2,5	3	4	5
	BIO1	2	3	3,5	4,5	6
	QS 2	1,5	2,5	3,5	4	6
	QS 1	1,5	2,5	3,5	4,5	6
	NAT 2	2	3	3,5	4,5	6,5

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Gráfico 3 - Gráfico relacionado à Tabela 18. Comparação dos resultados do teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Vermelho 195. [Tensoativo]0,5g/L.



Fonte: Desenvolvido pelo autor

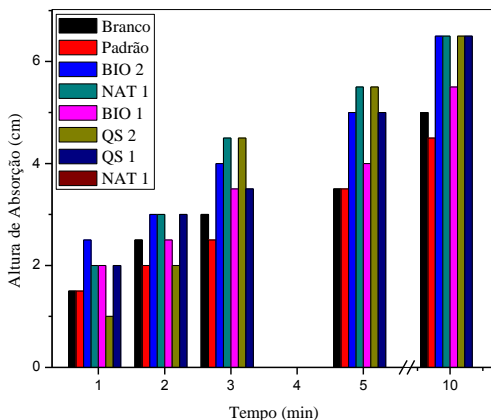
Com os resultados apresentados na Tabela 18 e no gráfico 4 pode-se notar que, todas as amostras apresentam uma tendência de absorção semelhante entre si durante todo o teste, ficando apenas a amostra NAT1 abaixo das demais amostras e a amostra NAT 2 um pouco acima das amostras BIO2, BIO1, QS 2 e QS 1. No geral todas as amostras apresentaram um aumento na umectação do tecido com relação ao branco e ao padrão, exceto a amostra NAT1 que ao final do teste apresentou o mesmo valor de absorção que o branco.

Tabela 19 - Teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Vermelho195. [Tensoativo] 1 g/L

	Amostra	Tempo (min)				
		1	2	3	5	10
Altura de absorção (cm)	Branco	1,5	2,5	3	3,5	5
	Padrão tingimento	1,5	2	2,5	3,5	4,5
	BIO2	2,5	3	4	5	6,5
	NAT1	2	3	3,5	4,5	5,5
	BIO1	2	2,5	3,5	4	5,5
	QS 2	2	3	3,5	4,5	6,5
	QS 1	2	3	3,5	4,5	6
	NAT 2	2	3	3,5	5	6,5

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Gráfico 4 - Gráfico relacionado à Tabela 19. Comparação dos resultados do teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Vermelho 195.[Tensoativo] 1g/L.



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Observando os dados apresentados na Tabela 19 e no gráfico 5 é possível notar que a tendência de absorção das amostras lavadas com maior concentração de tensoativo seguiu o mesmo padrão que o teste anterior, todas apresentam a absorção aumentando praticamente no mesmo nível. Pode ser observado um pequeno aumento do nível de absorção das amostras BIO2, NAT1, QS 2, e NAT 2 no instante 10min e uma queda da amostra QS 1 com relação ao primeiro teste.

Em comparação com a amostra padrão e o branco, ocorreu um aumento da umectação do tecido, não ficando nenhuma amostra com o mesmo nível de absorção do branco ao final do teste.

4.2.10.3 Teste de umectação e capilaridade de amostras tingidas com corante Amarelo 145

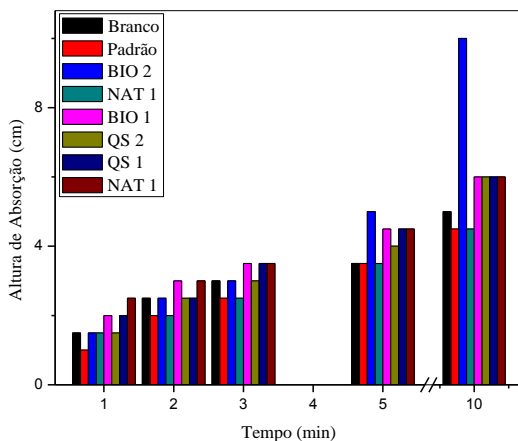
Os resultados de leitura de cor referentes ao corante Amarelo 145 estão apresentados na Tabela 20 para concentração de tensoativo de 0,5g/L e na Tabela 21 para concentração de tensoativo de 1g/L.

Tabela 20 - Teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Amarelo 145. [Tensoativo] 0,5g/L

	Amostra	Tempo (min)				
		1	2	3	5	10
Altura de absorção (cm)	Branco	1,5	2,5	3	3,5	5
	Padrão tingimento	1	2	2,5	3,5	4,5
	BIO2	1,5	2,5	3	5	10
	NAT1	1,5	2	2,5	3,5	4,5
	BIO1	2	3	3,5	4,5	6
	QS 2	1,5	2,5	3	4	6
	QS 1	2	2,5	3,5	4,5	6
	NAT 2	2,5	3	3,5	4,5	6

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Gráfico 5 - Gráfico relacionado à Tabela 20. Comparação dos resultados do teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Amarelo 145. [Tensoativo]0,5g/L



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Para as amostras lavadas com a menor concentração de tensoativo, a que apresentou maior nível de absorção, conseqüentemente maior grau de umectação, foi a amostra NAT 2 em todos os tempos do teste. No tempo 1min. as amostras NAT1, BIO1, QS 2 e QS 1 apresentaram mesmo nível de absorção que o branco. No tempo 2min. e 3 min. a amostra NAT1 ficou abaixo do branco, porém em paralelo com

o padrão e as amostras BIO2, BIO1, QS 2 e QS 1 continuaram com a mesma altura de absorção que a amostra de tecido alvejado. Aos cinco minutos a amostra NAT1 teve um aumento na altura de absorção, porém mantendo-se ainda em paralelo com o branco e com o padrão, ficando a amostra BIO1 abaixo de todas as amostras.

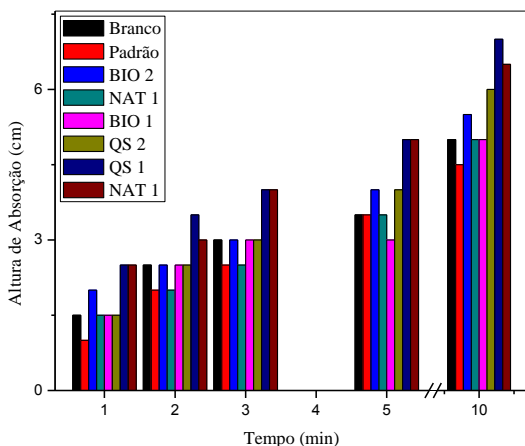
É possível observar que para as amostras tingidas com o corante Amarelo 145 apenas a amostra onde foi utilizado o tensoativo NAT 2 no banho de lavagem obteve um aumento no grau de umectação do tecido, as demais amostras obtiveram um aumento pouco significativo, ficando as amostras QS 2 e QS 1 acima do branco e do padrão apenas ao final dos 10 minutos de teste.

Tabela 21 - Teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Amarelo 145. [Tensoativo] 1 g/L

	Amostra	Tempo (min)				
		1	2	3	5	10
Altura de absorção (cm)	Branco	1,5	2,5	3	3,5	5
	Padrão tingimento	1	2	2,5	3,5	4,5
	BIO2	2	2,5	3	4	5,5
	NAT1	1,5	2	2,5	3,5	5
	BIO1	1,5	2,5	3	3	5
	QS 2	1,5	2,5	3	4	6
	QS 1	2,5	3,5	4	5	7
	NAT 2	2,5	3	4	5	6,5

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Gráfico 6 - Gráfico relacionado à Tabela 21. Comparação dos resultados do teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com corante Amarelo 145. [Tensoativo] 1g/L



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Observando a Tabela 21 e o gráfico 7, aumentando a concentração de tensoativo no banho de lavagem a amostra NAT 2 continua apresentando melhor desempenho ao longo de todo o teste. Assim como para o teste com as amostras lavadas com menor concentração de tensoativo, algumas amostras obtiveram o mesmo nível de absorção que o branco e o padrão durante os 5 minutos de teste, ficando acima apenas nos 10 minutos finais. Ao final do teste as amostras NAT1 e BIO1 apresentaram o mesmo nível de absorção do branco, demonstrando assim que não ocorreu um aumento na umectação do tecido como ocorrido para as amostras BIO2, QS 2, QS 1 e NAT 2.

4.2.10.4 Teste de umectação e capilaridade de amostras tingidas com a tricromia dos corantes Azul 221, Vermelho 195 e Amarelo 145

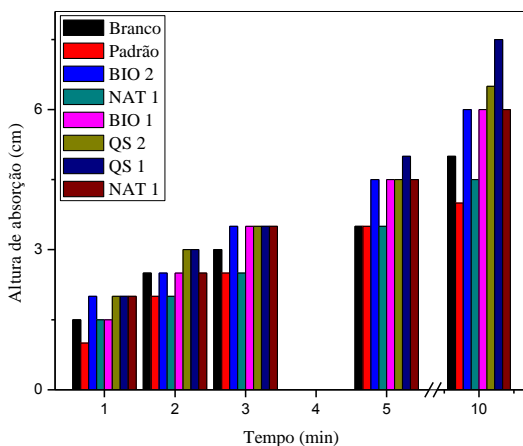
Para os testes realizados com as amostras tingidas com a tricromia dos corantes os resultados estão apresentados nas Tabelas 22 e 23 para concentração de tensoativo no banho de 0,5 e 1 g/L respectivamente.

Tabela 22 - Teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com a tricromia dos corantes Azul 221, Vermelho 195 e Amarelo 145. [Tensoativo] 0,5 g/L

	Amostra	Tempo (min)				
		1	2	3	5	10
Altura de absorção (cm)	Branco	1,5	2,5	3	3,5	5
	Padrão tingimento	1	2	2,5	3,5	4
	BIO2	2	2,5	3,5	4,5	6
	NAT1	1,5	2	2,5	3,5	4,5
	BIO1	1,5	2,5	3,5	4,5	6
	QS 2	2	3	3,5	4,5	6,5
	QS 1	2	3	3,5	5	7,5
	NAT 2	2	2,5	3,5	4,5	6

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Gráfico 7 - Gráfico relacionado à Tabela 22. Comparação dos resultados do teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas a tricromia dos corantes Azul 221, Vermelho 195 e Amarelo 145. [Tensoativo] 0,5 g/L



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Para as amostras tingidas com a tricromia dos corantes, pode ser observado na Tabela 22 e no gráfico 8 que a partir dos 3min. de teste todas as amostras apresentaram maior altura de absorção do que a amostra do branco e do padrão. Ficando apenas a amostra NAT1 com o mesmo nível de absorção no tempo 5 min. e abaixo do branco ao final

do teste e as amostras QS 2 e QS 1 no mesmo nível acima de todas as amostras no tempo 10min. Com exceção da amostra NAT1, todas as amostras apresentaram um aumento significativo na umectação do tecido.

Pode ser observado que não ocorreu uma mudança significativa nos resultados dos testes das amostras lavadas com menor concentração de tensoativo para as com maior concentração. Ao final do teste ocorreu uma queda no nível de absorção da amostra QS 1 de 1cm de um teste para o outro, sendo que as amostras NAT1 e NAT 2 foram as únicas que obtiveram um aumento na altura de absorção ao final de 10min., as demais amostras mantiveram o mesmo resultado do teste anterior. Mesmo com aumento na absorção, a amostra NAT1 foi a que apresentou menor aumento, ficando ao mesmo nível da amostra branco porém ficou claro que ocorreu um aumento significativo da umectação dos tecidos lavados com as outras amostras.

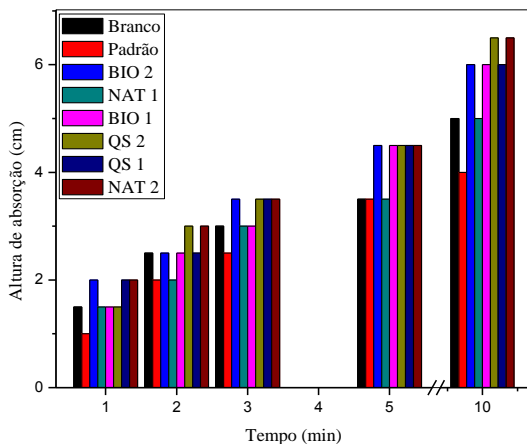
Tabela 23 - Teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas com a tricromia dos corantes Azul 221, Vermelho 195 e Amarelo 145.

[Tensoativo]1g/L

	Amostra	Tempo (min)				
		1	2	3	5	10
Altura de absorção (cm)	Branco	1,5	2,5	3	3,5	5
	Padrão tingimento	1	2	2,5	3,5	4
	BIO2	2	2,5	3,5	4,5	6
	NAT1	1,5	2	3	3,5	5
	BIO1	1,5	2,5	3	4,5	6
	QS 2	1,5	3	3,5	4,5	6,5
	QS 1	2	2,5	3,5	4,5	6
	NAT 2	2	3	3,5	4,5	6,5

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Gráfico 8 - Gráfico relacionado à Tabela 23. Comparação dos resultados do teste de umectação por capilaridade para amostras tingidas a tricromia dos corantes Azul 221, Vermelho 195 e Amarelo 145. [Tensoativo] 1g/L



Fonte: Desenvolvido pelo autor

4.3 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DAS AMOSTRAS QUANDO SUBMETIDAS AO PROCESSO DE TRATAMENTO BIOLÓGICO

4.3.1 Teste de degradação

Como expresso na sessão 3.2.7.2, as amostras de tensoativo testadas foram expostas a uma quantidade de biomassa por 120 h para que fosse observado o comportamento destas dentro da etapa de tratamento biológico e assim pudesse ser observado se a utilização das amostras dentro do processo acarretaria algum problema no tratamento do efluente gerado.

Os resultados das leituras de carbono orgânico total em cada tempo de amostragem estão apresentados na Tabela 24. Pode-se observar que, como demonstra a Tabela 25, a porcentagem de degradação da amostra sintética QS1 é maior que a das outras amostras, como também a taxa de carbono orgânico total é menor em relação as outras amostras. Porém a amostra BIO 2 também apresenta uma porcentagem de carbono orgânico total remanescente baixa. Um dos fatores que pode explicar a diferença de carbono remanescente de algumas amostras é que aquelas com uma taxa maior necessitam de um

período maior para serem degradadas e mesmo que estas taxas permaneçam altas, as concentrações de carbono orgânico total ficam abaixo da concentração da amostra QS 2 por exemplo, o que as torna menos impactantes em termos ambientais.

Tabela 24 - Leitura de carbono orgânico total ao longo do teste

	TOC inicial	TOC 24h	TOC 48h	TOC 72h	TOC 96h	TOC 120h	% TOC remanescente
BIO 2	323,2	174,1	128,9	110,7	98,8	98,2	30,38%
NAT 1	233,0	148,7	127,9	121,7	118,8	116,7	50,09%
BIO 1	185,8	123,6	115	105,3	97	93,6	50,38%
QS 2	403,8	188,5	167,3	150,2	141,2	128,7	31,87%
QS 1	260,7	166,9	93,81	75,17	68,3	67,9	26,05%
NAT 2	188,0	128,9	96,4	85,9	78,1	75,3	40,05%

Fonte: Desenvolvido pelo autor

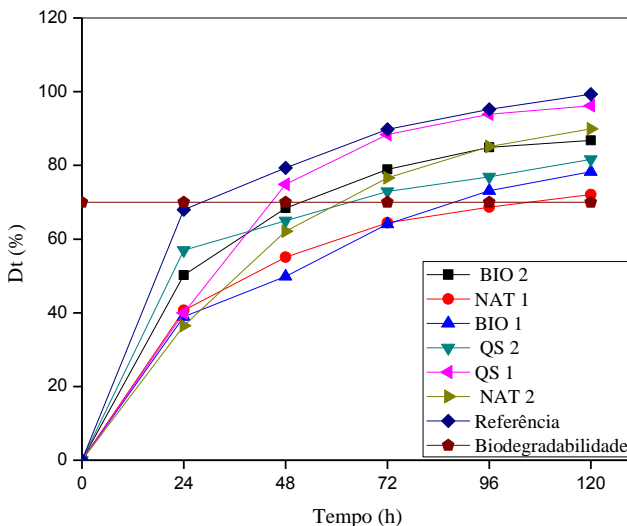
A curva de biodegradação foi obtida cruzando-se a percentagem de biodegradação com relação ao tempo, como demonstra o gráfico 10. Os dados obtidos no teste estão expressos na Tabela 25.

Tabela 25 - Degradação das amostras de tensoativo

	Tempo (h)	BIO2	NAT1	BIO1	QS 2	QS 1	NAT 2	Referência
Dt (%)	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	24	50,2	40,7	38,9	57,0	40,0	36,5	68,0
	48	68,4	55,1	49,9	65,0	74,9	62,1	79,3
	72	78,9	64,4	64,1	72,9	88,4	76,6	89,8
	96	84,9	68,7	73,1	76,9	93,9	85,1	95,2
	120	86,8	72,1	78,3	81,6	96,2	89,9	99,3

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Gráfico 9 - Gráfico relacionado à Tabela 23. Comparação dos resultados de degradação das amostras de tensoativo



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Seguindo o critério estabelecido pela OMCD, o ensaio pode ser considerado válido pois o referencial apresenta mais de 70% de degradação.

Embora a amostra sintética QS 1 tenha demonstrado uma porcentagem maior de remoção e uma porcentagem menor de carbono orgânico total remanente, todas as amostras apresentaram uma boa porcentagem de degradação após 120 h de ensaio, o que demonstra que estas serão eliminadas no processo de tratamento biológico do efluente final.

Nielsen et al. (1996) realizaram estudos simulando sistemas de lodo ativado e ambientes aquáticos e terrestres com o intuito de determinar a taxa de mineralização e o destino dos biotensoativos Alquilbenzeno Linear Sulfonado (LAS), Dialquiltetralinas e Dialquilindanas sulfonadas (DATS) e o LAS com uma simples ramificação metila na cadeia alquila (iso-LAS). O estudo concluiu que ambos os produtos sofrem uma remoção superior a 98% ou uma biodegradação primária entre 94 e 99% durante a simulação do tratamento de lodo ativado.

Scott & Jones (2000) concluíram que, tensoativos não-iônicos comumente usados na indústria têxtil, como o tensoativo biodegradável

Alquilbenzeno Linear Sulfonado (LAS) e o Alquilfenol Etoxilado (APE), apresentam boa degradabilidade em tratamentos aeróbios, onde mesmo os subprodutos gerados na quebra das moléculas destes produtos não apresentam riscos ao meio ambiente.

Testes de biodegradabilidade baseados na OECD 301E foram aplicados por Jurado et al. (2013) para demonstrar a influência da concentração de tensoativo inicial no tratamento, evidenciando a importância que este parâmetro tem sobre a biodegradabilidade. Para todos os tensoativos testados, quanto maior a concentração inicial, menor é a biodegradabilidade, exceto para os óxidos de aminas para a qual o efeito é o oposto. Devido a isso é necessário dar importância a concentração de saída dos tensoativos no efluente. Pode-se observar que para o presente trabalho, os resultados de biodegradabilidade, acima expressos, são bem satisfatórios, ultrapassando os 70%, vindo que foi utilizada a concentração de entrada dos produtos no processo para que fosse possível caracterizar uma situação extrema.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 Conclusões

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho, as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

- Os resultados atestam a eficiência da substituição de produtos tensoativos de origem química por naturais ou biodegradáveis no processo industrial têxtil. Os produtos naturais e biodegradáveis apresentaram resultados positivos em todas as etapas. No ensaio de tensão superficial comparativamente aos tensoativos sintéticos, os biotensoativos estudados apresentaram redução da tensão superficial da água.
- Nenhuma amostra apresentou incompatibilidade com os corantes utilizados. Nos ensaios de alteração da cor, os valores de ΔE_{cmc} ficaram bem próximos, mas as amostras de origem natural obtiveram destaque, apresentando em muitos casos valores melhores aos obtidos pelos produtos sintéticos.
- Nos ensaios de solidez à lavagem, os corantes e sua mistura obtiveram fraca perda de intensidade e boa solidez. Os ensaios de fricção a úmido e a seco demonstraram que o tratamento não favoreceu e nem diminuiu a solidez à fricção para quaisquer dos três corantes. Ocorreu um pequeno aumento na solidez à luz para amostras tingidas com o corante vermelho e com a tricromia.
- No teste de solidez à água clorada, os melhores resultados foram obtidos na aplicação das amostras com o corante Amarelo 145. Porém os ensaios com os outros corantes também apresentaram resultados satisfatórios, o que comprova que a utilização das amostras de tensoativo favorece na qualidade do produto no que diz respeito à solidez à água clorada.
- O teste de umectação apresentou um pequeno aumento na afinidade da fibra pelo meio aquoso após o uso dos produtos tensoativos.
- No teste de degradação biológica, embora a amostra sintética QS 1 tenha apresentado maior porcentagem de degradação, todas as amostras possuem um comportamento satisfatório no que diz respeito à degradação biológica, demonstrando que estas não apresentarão problemas quando expostas ao tratamento biológico.

Neste contexto, é possível afirmar que o uso desses produtos naturais é eficiente dentro do processo industrial têxtil, gerando um material de boa qualidade ao final da produção, sem alterações negativas, podendo ser visto como uma alternativa de prevenção à poluição e preservação ao meio ambiente, trazendo um enfoque sustentável ao processo e agregando valor ao produto.

5.2 Sugestões

A partir dos resultados obtidos, têm-se como sugestões para trabalhos futuros para complementação e aprofundamento desta pesquisa:

- Estudo da toxicidade dos produtos através de testes de toxicidade em diferentes níveis tróficos;
- Tensoativos são utilizados amplamente no processo industrial têxtil, sendo assim válida a análise da eficiência de aplicação dos produtos em outras etapas no processo para verificação da possível substituição de produtos sintéticos por naturais em maior escala dentro da indústria têxtil;
- Dentro do processo há uma grande variação de pH e temperatura, com isso é interessante aplicação de diferentes condições de temperatura e pH para verificação do comportamento destes produtos e principalmente da alteração da tensão superficial;
- Realizar estudos da ação dos tensoativos na descoloração do efluente quando associados ao processo, devido ao fato de que já é possível encontrar na literatura trabalhos que abordam a remoção de corantes com a utilização de tensoativos.

REFERÊNCIAS

ABATT, D. **Tratamento de superfície de tecido de Poliamida 6.6 com plasma e/ ou quitosana**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Regional de Blumenau, 2007.

ABIT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. **Relatório de atividades 2012**. São Paulo. Disponível em: <www.abit.org.br>. Acesso em outubro de 2013.

ÁLVAREZ, M. S.; MOSCOSO, F.; RODRÍGUEZ, A.; SANROMÁN, M. A.; DEIVE, F. J. Novel physic-biological treatment for the remediation of textile dyes-containing industrial effluents. **Bioresource Technology**, v. 146, p. 689–695, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 105-B02**: Têxteis – Ensaio de Solidez da cor - Parte B02: Solidez da cor à luz artificial: Ensaio da lâmpada de desbotamento de arco de xenônio. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 105-C10**: Têxteis – Ensaio de Solidez da cor parte C10: solidez da cor à lavagem com sabão ou sabão e barrilha. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 105-E03**: Têxteis – Ensaio de Solidez da cor parte E03: Solidez da cor à água colorada (água de piscina). Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8432**: Materiais têxteis - Determinação da solidez de cor à fricção. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9897**: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.

BANAT, M. I. Biosurfactants production and possible uses in microbial enhanced oil recovery and oil pollution remediation: A review. **Bioresource Technology**, v. 51, p. 1-12, 1995.

ABQCT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE QUÍMICOS E COLORISTAS TÊXTEIS. Princípios básicos de tecnologia têxtil. Disponível em:
<http://www.abqct.com.br/artigost/tecnologia_textil_Basica.pdf>
Acesso em: junho de 2015.

BANAT, M. I.; MAKKAR, R. S.; CAMEOTRA, S. S. Potential commercial applications of microbial surfactants. **Applications Microbiology Biotechnology**, v. 53, p. 405-508, 2000.

BARATHI, S.; VASUDEVAN, N. Utilization of petroleum hydrocarbons by *Pseudomonas fluorescens* isolated from a petroleum-contaminated soil. **Environment International**, Chennai, India, v. 26, p. 413-416, 2001.

BARROS, F. F. C.; QUADROS, C. P. Propriedades emulsificantes e estabilidade de biosurfactante produzido por *Bacillus subtilis* em manipueira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 979-985, 2008.

BROADBENT, A. D. **Basic Principles of Textile Coloration**. England: SDC, 578 p., 2001.

CARELLI, D.; SURMAS, R.; WOLF, F. G.; LACERDA, V.; PHILIPPI, P. C. **Measurement of interfacial tension by the pendant drop method using image analysis**. In: 19th International Congress of Mechanical Engineering, 2007.

CORREIA, V. M.; STEPHENSON, T.; JUDD, S. J. Characterisation of Textile Wastewaters – A Review. **Environmental Technology**, v. 15, p. 917-929, 1994.

DAVIS, D. A.; LYNCH, H. C.; VARLEY, J. The production of surfactant in batch culture by *Bacillus subtilis* ATCC 21332 is strongly influenced by the conditions of nitrogen metabolism. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 25, p. 322-329, 1999.

DESAI, J. D.; BANAT, I. M. Microbial production of surfactants and their commercial potential. **Microbiology Molecular Biology**, v. 61, p. 47-64, 1997.

DESAI, J. D.; DESAI, A. J. Production of biosurfactants. In KOSARIC, N. **Biosurfactants: production, properties, applications**. Cap. 3, p. 65–97. New York, NY: Marcel Dekker, Inc., 1993.

FARIAS, S. **Utilização da enzima *Horseradish peroxidase* na lavagem pós-tingimento para remoção de corante reativo não fixado às fibras de algodão**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

FERRARI, R. **Reuso do efluente do processo de mercerização no tingimento de malha de algodão**. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Regional de Blumenau, Santa Catarina, 2007.

FORSS, J.; WELANDER, U. Biodegradation of azo and anthraquinone dyes in continuous systems. **International Biodeterioration Biodegradation**, v. 65, p. 227–237, 2011.

FRANÇA, J. **Corantes Industriais**. Palestra para clientes Laboratório de P. & D. Corantes Clariant, 2006.

GUIDECHEM. **Structure of C.I. Reactive Yellow 145**. Chemical Treading Guide. Disponível em: <<http://www.guidedchem.com/trade/pdetail2326559.html>>. Acesso em: outubro de 2014.

HASSEMER, M. E. N. **Oxidação Fotocatalítica – UV/H₂O₂ – para Degradação de Poluentes em Efluentes da Indústria Têxtil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

HUNTERLAB. **CIEL*A*B* Color Scale**. Applications Note. n.7, v.8, p1-4, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS - IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em outubro de 2013.

JURADO E.; FERNÁNDEZ M.; RÍOS F.; LECHUGA M. Aerobic Biodegradation of Surfactants. **InTech**, c. 3, p. 63-81, 2013.

KENG, M. C.; LI, H. L.; CHIEN, F. W.; MOU, C. H. Interactions between new multi-anionic surfactants and direct dyes and their effects on the dyeing of cotton fabrics. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 356, p. 46–50, 2010.

KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S. G. de; DURÁN, N. Novas Tendências no Tratamento de Efluentes Têxteis. **Química Nova**, v. 25, n. 1, p. 78–82, 2002.

MUKHERJEE, S.; DAS, P.; SEN, R. Towards commercial production of microbial surfactants. **Trends in Biotechnology**, v. 24, n. 11, p. 509-515, 2006.

MULLIGAN, C. N. Environmental applications for biosurfactants. **Environmental Pollution**, v. 133, p. 183–198, 2005.

MULLIGAN, C. N.; YONG, R. N.; GIBBS, B. F. On the use of biosurfactants for the removal of heavy metals from oil-contaminated soil. **Environmental Progress**, n. 18, p. 31-35, 1999.

NAWAWI, W. M. F. W.; JAMAL, P. Utilization of sludge palm oil as a novel substrate for biosurfactant production. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 9241–9247, 2010.

NIELSEN A. M.; BRITTON L. N.; CAVALLI L. E BERNA J. L. Biodegradation of Co-Products of Commercial LAS. **Council for LAB/LAS Environmental Research**. V.2 n.1, 1996.

NITSCHKE, M.; COSTA, S. G. V. A. O.; HADDAD, R.; GONÇAVES, L. A. G.; EBERLIN, M.; CONTIERO, J. Oil waste as unconventional substrate for rhamnolipid biosurfactant production by *Pseudomonas aeruginosa* LBI. **Biotechnological Progress**, v. 21, p. 1562-1566, 2005.

NITSCHKE, M.; PASTORE, G. M. Biossurfactantes: propriedades e aplicações. **Química Nova**, v. 25, n. 5, p. 772 – 776, 2002.

OECD GUID ELIN E FOR TESTIN G OF CHEMICALS. **Test No. 302B: Inherent Biodegradability: Zahn-Wellens/ EVPA Test**. Adotado em julho de 1992.

OXITENO. Manual técnico do usuário – Alkonat, 2013.

OXITENO. Manual técnico do usuário – Ultradet LE 60, 2013.

POLTEX- Polo Têxtil S.A. **Indústria Têxtil no Brasil e no Mundo**. Disponível em <www.poltex.com.br>. Acesso em outubro de 2013.

PULCRA CHEMICALS. Manual técnico do usuário - Aquasoft Amazontex, 2013.

PULCRA CHEMICALS. Manual técnico do usuário - Cottoclarin RF, 2013.

QUADROS, S. A. **Tratamento e reutilização de efluentes têxteis gerados nos tingimentos de fibras celulósica**. 110 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Regional de Blumenau, 2005.

ROSA, J. M.; BAPTISTA, E. A.; SANTANA, J. C. C. Reuso de efluentes têxteis gerados por tingimentos de algodão efetuados com corantes pretos. **Química Têxtil**, v. 23, n. 101, p. 32-64, 2010.

SALEM, V. **Apostila do Curso de Tingimento Têxtil**. In: Curso De Tingimento

SANTOS, F. R. A. **Emulsões múltiplas: formulação, caracterização, estabilidade e aplicações**. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêutica) - Universidade Fernando Pessoa, Porto – Portugal, 2011.

SÃO PAULO (Estado). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental e Sindicato das Indústrias Têxteis do Estado de São Paulo. **Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil - Série P+L**. 99p. São Paulo, 2009.

SCOTT M. J.; JONES M. N. The biodegradation of surfactants in the environment. **Biochimica et Biophysica Acta** 1508 p. 235-251, 2000.

SILVA, G. L. **Redução de corante em efluente de processo de tingimento de lavanderias industriais por adsorção em argila**. 120 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Unicamp, Campinas – SP, 2005.

SILVA, R. **Tratamento de fibras têxteis com ultra-sons e enzimas**. 105 f. Dissertação (Mestrado em Química Têxtil) - Universidade do Minho, Portugal, 2006.

SOCIETY OF DYERS AND COLOURISTS. **Colour index**. Disponível em: <<http://www.colour-index.com/>>. Acesso em: setembro de 2014.

SOLOSTOCKS. **Escala Cinzas**. Disponível em: <<http://www.solostocks.com.br/venda-produtos/outros-texteis-produtos-couro/escala-cinza-871311>>. Acesso em: 16 de março de 2015.

SONG, S.; FAN, J.; HE, Z.; ZHAN, L.; LIU, Z.; CHEN, J.; XU, X. Electrochemical degradation of azo dye C.I. Reactive Red 195 by anodic oxidation on Ti/SnO₂-Sb/PbO₂ electrodes. **Electrochimica Acta**. v. 55, p. 3606-3613, 2010.

STEINHART, M. R. V. Auxiliares Têxteis do Ponto de Vista dos Tensoativos. **Química Têxtil**, p. 76-80, 2000.

TAVARES, M. F. M. Mecanismos de separação em eletroforese capilar. **Química Nova**, v. 20, n. 5, p. 493-511, 1997.

TEBRAS – Tensoativos do Brasil S.A. **A biodegradabilidade do LAS**. Disponível em: <<http://www.tebras.com.br/>> Acesso em: outubro de 2013.

TEHRANI, A. R.; SINGH, R. G.; HOLMBERG, K. Solubilization of two organic dyes by cationic ester-containing gemini surfactants. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 376, p. 112–118, 2012.

TEHRANI, A. R.; SINGH, R.G.; HOLMBERG, K. Solubilization of two organic dyes by anionic, cationic and nonionic surfactants. **Colloids**

and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, v. 417, p.133–139, 2013.

Têxtil. Golden Química do Brasil, Módulo 1 e 2, 2000.

TURGAY, O.; ERZOZ, G.; ATALAYA, F. J; WELANDER, U. The treatment of azo dyes in textile industry wastewater by anaerobic biological method and chemical oxidation. **Separation and Purification Technology**, v. 79, p. 26-33, 2011.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM – UNEP. **Our Planet, our earth, our habitat, our Home**. V. 8 N. 1, 1995.

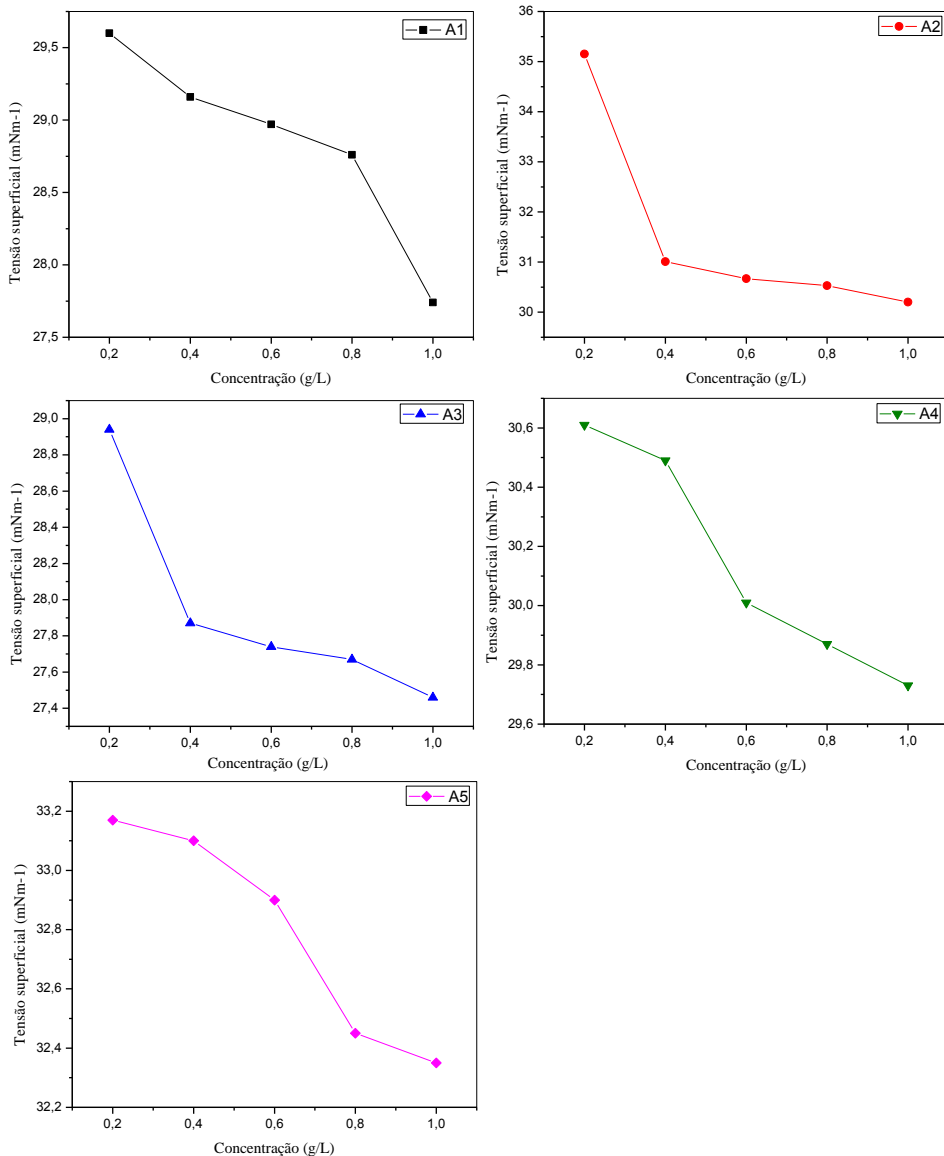
UNITEDSTATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. **Environmental Regulations and Technology – Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge**, EPA/625/R-92/013, 2013.

UNITEDSTATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. **Introduction to pollution prevention – training manual, EP3 – Environmental Pollution Prevention Project**, 1995.

WORLD DYE VARIETY. Reactive blue structure and properties, 2012. Disponível em: <<http://www.worlddyevariety.com/reactive-dyes/reactive-blue-221.html>>. Acesso em: novembro de 2014.

APÊNDICE A – Gráficos de variação da tensão superficial para cada tensoativo

Gráfico 10 - Tensão superficial relacionada a concentração de tensoativo



Fonte: Desenvolvido pelo autor

APÊNDICE B – RECEITAS DOS MEIOS MINERAIS PARA USO NO TESTE DE DEGRADAÇÃO BIOLÓGICA DAS AMOSTRAS

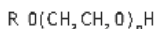
Solução A	1 L de água destilada
Fosfato de Potássio dibásico anidro	8,5 g
Fosfato de potássio monobásico anidro	21,75 g
Hidróxido de sódio	33,4 g
Cloreto de amônio	0,5 g
Solução B	1 L de água destilada
Cloreto de cálcio anidro	27,5g
Solução C	1 L de água
Sulfato de magnésio	22,5 g
Solução D	1 L de água
Cloreto de ferro (ICO) III	0,25 g

ANEXO A – Fichas técnicas dos produtos testados Descrição



DESCRIÇÃO

As linhas ALKONAT® CE e ALKONAT® OC são constituídas pelos produtos obtidos da reação de álcool cetó-estearílico e óleo cetílico de origem natural, vegetal, com óxido de eteno (EO). Variando-se o grau de etoxilação e o álcool de partida, são obtidos produtos cobrindo uma ampla faixa de HLB (Balanço Hidrofílico-Lipofílico) e com diferentes propriedades físico-químicas, permitindo a escolha mais adequada para atingir os requisitos específicos de cada aplicação. As linhas ALKONAT® CE e ALKONAT® OC são representadas pela seguinte estrutura:



onde: n = grau de etoxilação, R = cadeia carbônica média do álcool graxo

Os produtos que compõem as linhas ALKONAT® CE e ALKONAT® OC são:

Marca Comercial	Descrição Química	CAS No. ¹	% Carbono Renovável
ALKONAT® CE 50	Álcool Cetó-Estearílico 5 EO	68439-49-6	64
ALKONAT® CE 200 F	Álcool Cetó-Estearílico 20 EO	68439-49-6	31
ALKONAT® CE 250 F	Álcool Cetó-Estearílico 25 EO	68439-49-6	26
ALKONAT® E 20 F	Álcool Estearílico 2 EO	9005-00-9	82
ALKONAT® E 200 F	Álcool Estearílico 20 EO	9005-00-9	31
ALKONAT® OC 20	Álcool Óleo Cetílico etoxilado	9004-98-2	-
ALKONAT® OC 50	Álcool Óleo Cetílico 5 EO	9004-98-2	63
ALKONAT® OC 100	Álcool Óleo Cetílico 10 EO	9004-98-2	47
ALKONAT® OA 20	Álcool Óleo Cetílico 25 EO	-	25

¹ CAS: Chemical Abstracts Service

APLICAÇÕES

Os produtos das linhas ALKONAT® CE e ALKONAT® OC têm sua natureza lipofílica derivada da cadeia carbônica do álcool cetó-estearílico ou óleo cetílico respectivamente, e a hidrofílica resultante da cadeia de óxido de etileno. Quanto maior o grau de etoxilação, mais hidrofílica é a molécula, ou seja, maior o HLB; como consequência, altera-se sua solubilidade em água, seu poder espumante e sua detergência e molhabilidade.

Têxtil

Apresentam ótimas características umectantes e detergentes durante o processamento têxtil, pois a sua cadeia de óxido de etileno oferece solubilidade adequadamente associada à base de álcool oléico, garantindo a compatibilidade com as ceras naturais das fibras e a maioria das sujidades provenientes do processamento têxtil.

Estes produtos também apresentam boas características como dispersante de pigmentos, garantindo também boa umectação na preparação das soluções colorantes.

**ULTRADET LE 6000**

Tensoativo não-iônico

IDTTE0101P

APLICAÇÃO

ULTRADET LE 6000 é um tensoativo não-iônico, biodegradável e solúvel em água, que apresenta sinergia com tensoativos aniônicos, catiônicos e anfotéricos. Pode ser empregado na formação, controle e estabilização de espuma e no aumento do poder de detergência.

Devido ao seu poder de detergência, umectação, redução da tensão superficial e tolerância aos íons de dureza da água, recomenda-se a aplicação do produto como componente em formulações de detergentes líquidos e pós para lavagem de roupas. ULTRADET LE 6000 também é indicado nas formulações de detergente multiuso, xampus para automóveis, desengraxantes para peças automotivas e tecidos, assim como em formulações de desinfetantes.

ULTRADET LE 6000 é totalmente homogêneo e não necessita de aquecimento em estufa ou banho-maria para obtenção de uma boa fluidez, sendo um produto de fácil manuseio e utilização.

PROPRIEDADES INFORMATIVAS

Aparência (25°C)	líquido límpido
pH (1% p/p, aquoso, 25°C)	6-8
Densidade (g/cm ³ , 25°C)	0,99
Viscosidade (BKF, 25°C, cPs)	68

AVISO AOS USUÁRIOS

Este Boletim Informativo contém informações apresentadas de boa-fé e fundamentadas no melhor conhecimento atual da Oxiteno sobre o assunto. As informações têm valor apenas indicativo. Quaisquer informações comentadas, inclusive as sugestões de condições de uso dos produtos da Oxiteno, não devem substituir ensaios e verificações experimentais que são indispensáveis para assegurar a adequação do produto a cada aplicação específica. Também é de responsabilidade do formulador final respeitar a legislação local e obter todas as autorizações necessárias.

Ao manusear o produto, é imprescindível consultar a ficha de segurança, obtida por meio dos canais de atendimento.

ATENDIMENTO A CLIENTES
VENDAS
TELEFONE: (0xx11) 3177-6102
FAX: (0xx11) 3177-6633/3284-2501
e-mail: oxiteno@oxiteno.com.br
gelap@oxiteno.com.br

AQUASOFT AMAZONTEX
 amaciante ecológico

AQUASOFT AMAZONTEX é um amaciante obtido à partir de óleos extraídos de sementes da amozônia, sendo portanto produzido com matéria prima totalmente natural. Isento de silicone, biodegradável e apresenta performance semelhante aos melhores amaciantes hidrófilos. É indicado para processos de foulardagem que requirem acabamento com alta absorção de água, aliado a um toque macio e volumoso.

PROPRIEDADES

- Indicado para os acabamentos onde se exigem toque, volume, e não tenha nenhuma interferência na hidrofildade do material acabado;
- confere toque suave e volumoso ideal para felpudos (toalhas);
- pode ser aplicado em processos de acabamento, associado a resinas;
- rápida e total biodegradabilidade (segundo OCDE*);
- nenhuma toxicidade aguda (segundo OCDE*) e compatibilidades dermatológicas;
- não provoca amarelamento em material alvejado, quando aplicado nas condições normais de uso;
- pode ser aplicado sobre material tinto, pois não altera a tonalidade;

CAMPO DE APLICAÇÃO

Substrato	todas as fibras celulósicas .
Equipamentos	foulard de acabamento.
Processo	amaciamiento, acabamento.

CARACTERÍSTICAS

Composição	Combinação de compostos anfóteros
Caráter Iônico	anfótero.
Aspecto Físico	líquido a líquido viscoso.
Cor	amarelado

COTTOCLARIN RF é indicado como detergente / umectante para processos contínuos de preparação ou tingimento.

PROPRIEDADES

- isento de antiespumante de silicone.
- é classificado como biodegradável segundo OECD 301 D (closed bottle-test) sendo o DBO-28/DQO maior que 80%;
- estável em meio alcalino até 5º Be;
- baixa formação de espuma;
- excelente poder de limpeza;
- isento de nonilfenol;
- bom poder umectante, tanto em meio alcalino como ácido;
- possui excelente poder dispersante e emulsionante de sujidades normalmente encontradas no material têxtil.

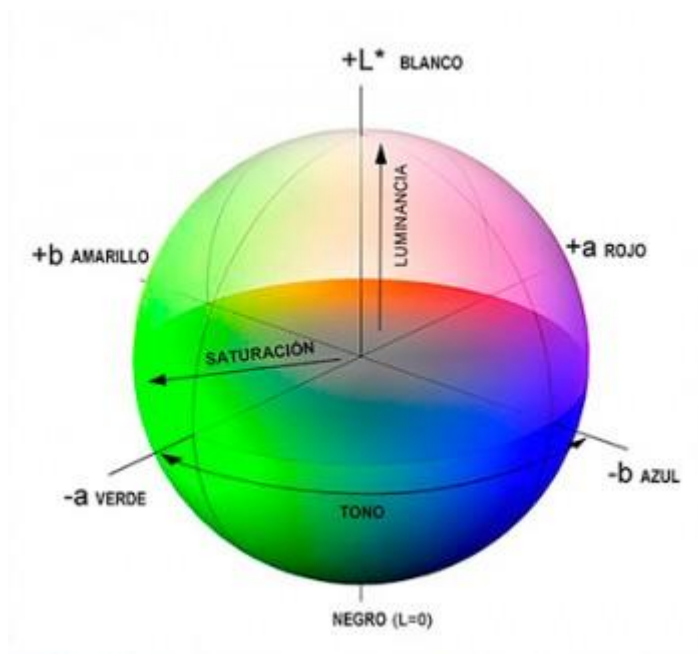
CAMPO DE APLICAÇÃO

Substrato	fibras naturais e sintéticas.
Equipamentos	jigger, turbo e equipamentos contínuos.
Processos	cozinamento, alvejamento e tingimento em processos contínuos e descontínuos.

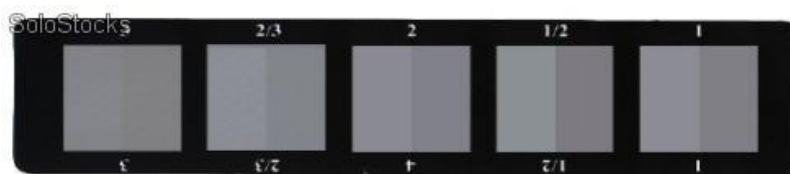
CARACTERÍSTICAS

Composição	associação de tensoativos aniônicos e não-iónicos.
Caráter Iônico	não iônico.
Aspecto Físico	líquido transparente a levemente opalescente
Cor	incoler a amarelado

ANEXO B – Escala CIELAB



Fonte: GOMEZ, 2015.

ANEXO C – Escala de Cinzas BS1006 AO2

ESCALA CINZA BS 1006 AO2

Fonte: SoloStocks, 2014.