



Acc4emic

INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

Alternativa Sustentável de Tingimento Têxtil com Líquido Iônico

RIBEIRO, F.R.G.^{A,B*}; CABRAL, V.F.^A; SILVA, C.^A; ANDREAUS, J.^C; CARDOZO-FILHO, L.^A; CROSCATO, G.S.^A; SILVA, A.B.^A, MORAES, M.R.^A

a. UEM - Universidade Estadual de Maringá, Maringá
b. UTFPr - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana
c. FURB - Universidade Regional de Blumenau
*Corresponding author, fabiaribeiro@utfpr.edu.br

Resumo

Os processos de tingimento são de extrema importância para a comercialização e diferenciação dos produtos têxteis. O tingimento ocorre pela fixação da molécula corante às fibras, geralmente por solução aquosa, ou seja, utilizando água como o principal solvente para o processo. Estima-se em média que se gasta 125 L de água por quilo de artigo têxtil produzido. Considerando que atualmente existe um grande interesse em encontrar substâncias ambientalmente sustentáveis para este processo, uma das alternativas é a utilização de Líquido Iônico (LI) como substância solvente para os tingimentos têxteis devido ao seu baixo custo, síntese simples, elevado caráter de biodegradação e possibilidade de reuso. Os Líquidos Iônicos Próticos (LIP) são produzidos por reação ácido-base. Até agora, tem-se poucos estudos direcionados à aplicação de LI para aplicação à tingimento têxtil, assim justifica-se os estudos nesta área. O presente trabalho irá apresentar tingimento têxtil em tecidos multifibras utilizando Líquidos Iônicos de base Dietanolamina (DEA) como solvente em substituição à água. As análises dos resultados serão realizadas em equipamento espectrofotômetro, observando o gráfico de K/S.

Palavras-chave: Tingimento Têxtil, Corante, Fibras, Líquido Iônico, Sustentabilidade

1. Introdução

Com o crescimento populacional e das atividades industriais, os problemas ambientais, tornam-se cada vez mais preocupantes e frequentes. A contaminação das águas torna-se um problema cada vez maior para a sociedade moderna. Os processos produtivos cada vez mais buscam alternativas menos poluidoras para este recurso (Kunz et al, 2002).

O setor têxtil atualmente se destaca em uma posição importante na economia mundial como um dos maiores empregadores e responsável pela geração de renda na indústria. A cadeia têxtil e de confecção fica na 7ª colocação do ranking contribuição para o PIB da Indústria de Transformação Brasileira, dentre os 24 subsetores analisados (Filho, 2010). Com vários segmentos na cadeia produtiva, como fiação, tecelagem, malharia, tinturaria e confecção, atinge um grande número de pequenas, médias e grandes empresas. Por outro lado os processos aplicados na fabricação dos têxteis, principalmente nas tinturarias, os

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

São Paulo - Brazil - May 22nd to 24th - 2013

processos de tingimento de tecidos e malhas têm gerado profundo questionamento principalmente devido à utilização dos recursos como a grande quantidade de água, químicos e a poluição gerada ao ambiente através de resíduos sólidos industriais e descarga de efluentes a partir de indústrias e de estações de tratamento de efluentes. Neste contexto, os desenvolvimentos de tecnologias sustentáveis, vêm de encontro à necessidade de processos inovadores.

Os processos de tingimento são de extrema importância para a comercialização e diferenciação dos produtos têxteis. O tingimento ocorre pela fixação da molécula corante às fibras, geralmente por solução aquosa (Guaratini e Zanoni, 2000). Estima-se em média que se gasta 125 litros de água por quilo de artigo têxtil produzido (Hart, 1994). Considerando que atualmente existe um grande interesse em encontrar substâncias ambientalmente sustentáveis para este processo, uma das alternativas é a utilização de Líquido Iônico (LI) Próticos como substância solvente para os tingimentos têxteis devido ao seu baixo custo, síntese simples, elevado caráter de biodegradação (Iglesias et al, 2010) e possibilidade de reuso. Os Líquidos Iônicos Próticos (LIP) são produzidos por reação ácido-base, em comparação com Líquidos Iônicos Apróticos (LIA), é a presença de pelo menos um próton, que é/são capazes de promover a ligação de hidrogênio extensa (Alvarez et al, 2010).

Uma grande variedade de corantes sintéticos são utilizados para o tingimento têxtil. A diversidade estrutural de corantes deriva da utilização de grupos cromóforos distintos (por exemplo, grupos azo, antraquinona) e tecnologias de aplicação diferentes (por exemplo, ácido, básico, disperso, direto e reativo). Corantes azo constituem o maior classe de corantes utilizados comercialmente. O total mundial produção corante é estimada ser da ordem de 800 mil toneladas/ano quantidade esta utilizadas em tinturarias em processos de tingimento têxtil (Heinfling et al, 1998).

O grau de fixação do corante à fibra depende do tipo de corante, quando não ocorre esta fixação, a molécula corante fica imersa ao banho e é diretamente lançada na estação de efluente. Muitos estudos vêm sendo realizados com o objetivo de potencializar a remoção das cores dos efluentes têxteis, pois quando esta remoção ocorre de forma deficiente, os corantes podem vir a afetar o meio ambiente onde são descarregados.

Quando os efluentes não são tratados de maneira adequada e são lançados em águas naturais, além da influência estética, eles podem interferir em toda vida aquática, inclusive na absorção da luz pelos vegetais e animais do ambiente aquático. Podendo vir a provocar alterações nas atividades fotossintetizantes da biota aquática local. (Silva et al, 2012).

Algumas estimativas de perdas de corantes no banho são descritas por O'Neill et al. (1999), nas quantidades de Corantes Ácidos 5-20%, Dispersos 0-10%, Reativos 10-50%, pela permissão da *Society of Dyers and Colourists*. Vemos então que os corantes reativos possuem baixa fixação grande parte do corante hidrolisado permanece no banho, enquanto que taxas maiores de fixação são conseguidas com corantes dispersos.

Os corantes em geral são classificados de acordo com o tipo de produto a ser tinto.

Tabela. 1. Classificação dos corantes por fibra

Corantes /Fibras	Algodão	Viscose	Lã	Seda	Poliâmida	Acetato	Diacetato	Poliéster
Ácido			X	X	X			
Disperso						X	X	X
Reativo	X	X						

Fonte: Salem, 2010

Através da classificação adaptada de Salem (2010), justifica-se a escolha do corante Ácido, que engloba duas importantes fibras naturais animais a seda e a lã, e também a fibra sintética Poliamida que são muito utilizadas e consumidas mundialmente.

1.1 Corante Ácido

Os corantes ácidos pertencem ao grupo de corantes aniônicos, que podem possuir de um a três grupos sulfônicos. Estes corantes possuem aplicações em fibras protéicas (Lã, Seda) e em fibras sintéticas de Poliamida, que devido aos seus grupos sulfônicos os tornam corantes solúveis em água. No processo de tingimento convencional o corante deve ser neutralizado (solução contendo cloreto, acetato, hidrogenossulfato, etc.) que possibilita fazer a ligação do corante na fibra através de troca iônica que envolve o par de elétrons livres dos grupos amino e carboxilato das fibras protéicas, na forma não-protonada. Os corantes ácidos se caracterizam por terem sua estrutura química baseada em compostos azo, antraquinona, triarilmetano, azina, xanteno, ketonimina, nitro e nitroso, que fornecem uma ampla faixa de coloração e grau de fixação (Guaratini e Zanoni, 2000).

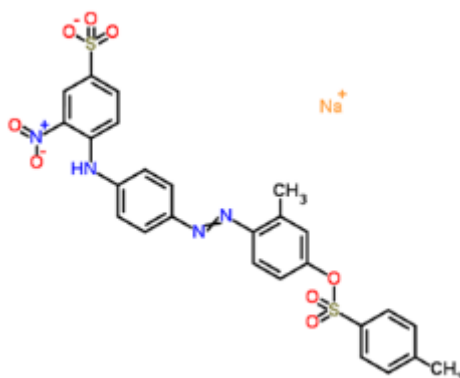


Fig. 1. Estrutura Molecular do Corante Ácido Amarelo 67. Fonte: Chemicalbook

Tabela. 2. Informações Técnicas do Corante Reativo

Informações Técnicas do Corante Ácido	
Nome científico	Ácid Orange 67
Nome comercial	Eriyl Yellow A-R
Fabricante	Huntsman Advanced Materials
Nº CAS	12220-06-3
Nº CI – Colour Index	14172
Composição Química	C ₂₆ H ₂₁ N ₄ NaO ₈ S ₂
Massa Molecular (MW)	604,58671
Classe Química	Monoazo

Fonte: Chemicalbook

1.2 Líquidos Iônicos

Conforme Zhu et al. (2009) os Líquidos Iônicos são considerados como “solventes verdes”, sua utilização está crescendo rapidamente pois possuem muitas propriedades benéficas. São sintetizados facilmente através da combinação de um ácido de Brønsted e de uma base de Brønsted, em proporções estequiométricas e podem ser produzidos para finalidades específicas, e como

característica principal é a de que são líquidos em temperatura ambiente (Greaves e Drummond, 2008; Zhao, 2006).

Como principais características são a baixa volatilidade, baixo ponto de fusão, boa estabilidade química e térmica, não inflamável, condutividade iônica elevada, alta capacidade calorífica, alta condutividade térmica (Zhao, 2006).

Considerados como líquidos de engenharia, está sendo desenvolvidos para serem largamente utilizados em processos industriais com capacidade ajustável de hidrofobicidade e de dissolução para processos de extração e separação de gases, também utilizados como fluidos de transferência de calor, azeótropo de quebra de líquidos, lubrificantes, eletrólitos líquidos, membranas, plastificantes, sistemas de refrigeração e energia solar (Zhao, 2006). Os LI, foram sintetizados através de uma reação estequiométrica ácido-base, utilizando como reagentes em sua base catiônica Dietanolamina (DEA), nas bases aniônicas os ácidos Acético, Propanóico, Butanóico e Pentanóico.

1.3 Colorimetria e Espectroscopia de reflectância

A identificação da cor de um material é iniciada por um processo que começa quando a luz é absorvida por células sensíveis da retina do olho o que resulta na interpretação dos sinais conduzidos pelos nervos até o córtex visual do cérebro. A cor não é uma propriedade intrínseca de um objeto e a sua percepção envolve três importantes fatores: a fonte de luz, o objeto que ela ilumina e o sistema olho/cérebro apto a receber a cor.

Quando se trata de materiais tintos a luz incidente é modificada pelo objeto e pelo corante num processo que engloba a absorção seletiva de luz com comprimento de onda da zona visível. O objeto seguidamente reflete ou transmite luz que não foi absorvida, a qual entra no olho e estimula a sensação do que chamamos cor.

O objetivo fundamental da colorimetria é a descrição de cores recorrendo a medições físicas de tal modo que duas cores com a mesma especificação numérica, em condições determinadas, são sempre percebidas como iguais nessas condições. Qualquer diferença na descrição numérica de duas cores não exatamente iguais pode correlacionar-se com a diferença que é percebida pelo observador (Neves, 2000).

O olho humano é sensível a ondas eletromagnéticas entre 400 e 700 nm, as cores espectrais são normalmente consideradas com sete tonalidades distintas: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, violeta e índigo (Neves, 2000).

Em materiais opacos a luz incidente é refletida e/ou absorvida, mas nunca transmitida. A absorção ocorre quando o objeto é colorido, sendo nula para objetos brancos e máxima para objetos de cor preta. Os materiais opacos coloridos absorvem luz seletivamente, mas a quantidade e a qualidade da luz refletida deve ser analisada pelas curvas de refletância, que varia em função do comprimento de onda, por exemplo 400-450 nm para amarelos, 530-580 nm para verdes e 600-660 nm para azuis (Neves, 2000).

Quanto mais baixa for a refletância, mais alta é a intensidade da cor (claro/escuro). Uma curva de refletância mais larga corresponde a uma cor menos pura, dado que a seletividade da absorção da luz diminui.

Os materiais têxteis apresentam um grau de cor variável, devido à sua falta de uniformidade superficial que é devida a sua textura, à sujidade, humidade, sua opacidade e outros. Por este motivo é importante quando se pretende medir a cor, utilizar equipamentos como espectrofotômetros, para garantia da medida exata da quantidade de cor.

Quando a luz interage com um meio opaco e acontece absorção e reflexão, aplica-se então a lei de

Kubelka-Munk simplificada (ver Eq. 1) (Neves, 2000).

$$\frac{K}{S} = \frac{(1 - R)^2}{(2R)} \quad (1)$$

Onde: K=Coeficiente de absorção do meio

S=Coeficiente de difusão do meio

R = Refletância

Onde os valores das constantes para cada corante dependem do comprimento de onda.

Portanto, com base na utilização dos corantes em meio aquoso, utilizando água como solvente, tem-se a necessidade de realização da presente pesquisa que tem como objetivo realizar o tingimento de tecido multifibras com corante *Acid Orange 67*, sem a utilização de água, utilizando os Líquidos Iônicos de base DEA como solvente, solucionando assim totalmente a problemática da utilização de uma fonte natural e que futuramente pode estar escassa.

2. Materiais e Métodos

2.1 Equipamentos utilizados

Para realização do processo de tingimento, utilizou-se os seguintes produtos e equipamentos: Balança analítica marca Marte, modelo AL500; Aparelho de tingimento marca Kimak, modelo AT1-SW, Corante CI Acid Orange 67, Tecido Multifibra MFF#42 (Diacetato, Algodão, Poliamida "Nylon 6.6", Poliéster "Dacron 54", Poliacrílico "Orlon 75" e Lã) que atende a norma ISO 105 e Espectrofotômetro DATACOLOR Modelo 550.

Os tingimentos foram feitos utilizando 4 Líquidos Iônicos de base DEA, 2HDEAA (*2 Hidroxi Dietilamônio Acetato*), 2HDEAPr (*2 Hidroxi Dietilamônio Propionato*), 2HDEAB (*2 Hidroxi Dietilamônio Butanoato*) e 2HDEAPe (*2 Hidroxi Dietilamônio Pentanoato*).

2.2 Tingimento Têxtil

O tingimento foi realizado com tecido multifibras, concentração de corante utilizada foi de 5% e a RB-Relação de Banho do LI para o tecido foi de 1:20, ou seja para cada 1 grama de tecido 20 gramas de LI. Na tabela abaixo encontra-se descrita as quantidades dos insumos utilizados no tingimento têxtil com LI:

Tabela. 3. Insumos utilizados para o Tingimento Têxtil

<i>Insumos</i>	<i>Amostra 1</i>	<i>Amostra 2</i>	<i>Amostra 3</i>	<i>Amostra 4</i>
Líquido Iônico	2HDEAA	2HDEAPr	2HDEAB	2HDEAPe
Peso do Tecido (g)	0,653	0,665	0,678	0,673
Massa Corante (g)	0,0327	0,0333	0,0339	0,0337
Massa LI (g)	13,06	13,30	13,56	13,46

Fonte: Próprios Autores

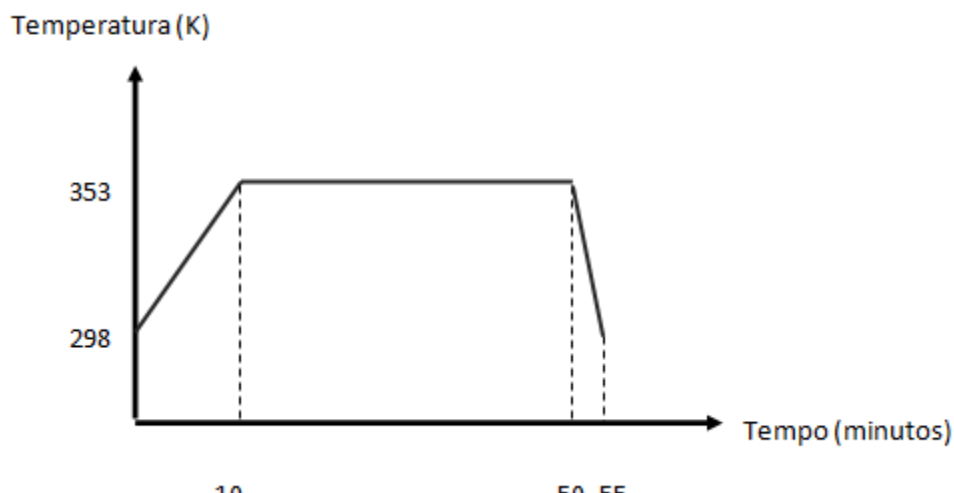


Fig. 2. Gráfico de Tingimento. Fonte: Próprios Autores

Pesou-se o corante, o líquido iônico e o tecido nas quantidades indicadas na Tab. 1, colocou-se nas cubas para tingimento, levou-se as cubas para a máquina AT1-SW. Ligou-se a máquina para iniciar o aquecimento, fazendo a elevação da temperatura de 298K para 353K, em 10 minutos, manteve-se a temperatura do tingimento de 353K durante 40 minutos, desligou-se a máquina e deixou a cuba para resfriamento durante 5 minutos.

Abriu-se as cubas, retirou-se o excesso de líquido iônico das amostras tintas, lavou-se as amostras, deixou-se secar em temperatura ambiente, efetuou-se as medidas de refletância espectrofotômetro λ (nanômetros) e calculou-se o K/S.

3. Resultados e Discussão

Observando a Fig. 3, verificou-se que foi possível obter um tingimento utilizando somente Líquido Iônico e corante, (Knittel e Schollmeyer, 2006).

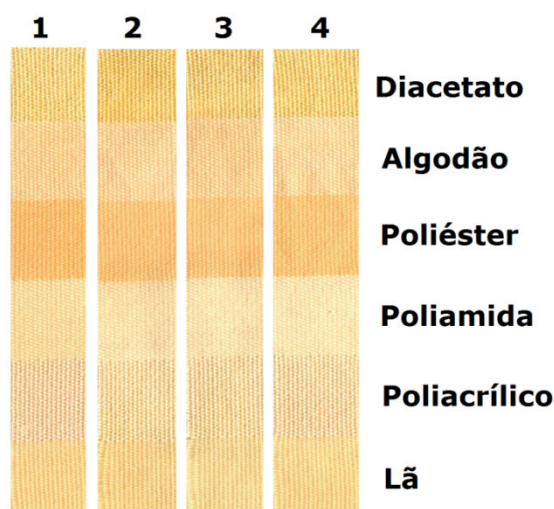


Fig. 3. Tecido multifibra tinto com corante Ácido Orange 67 e Líquido Iônico (1, 2HDEAA), (2, 2HDEAPr), (3, 2HDEAB), (4, 2HDEAPe).

Para a análise dos resultados foi medida a refletância e calculado o K/S a partir da equação de Kubelka Munke na região do visível de 400 a 700 nm. (Neves, 2000)

O tingimento de fibras com o agrupamento amínico, lã e poliamida apresentaram um resultado de K/S superior às fibras de Algodão, Poliéster e Poliacrílico com exceção da fibra de Diacetato que obteve o melhor resultado entre todas as fibras analisadas conforme pode observado nas Fig. 4-9.

Ao efetuar as medias de refletância no espectrofotômetro, e calcular o K/S, obteve-se os resultados que segue.

Na Fig. 4, verifica-se que o LI 2HDEAA apresentou um resultado inferior aos demais repetindo o mesmo resultado na Fig. 5 e 8, onde se destaca o LI 2HDEAB.

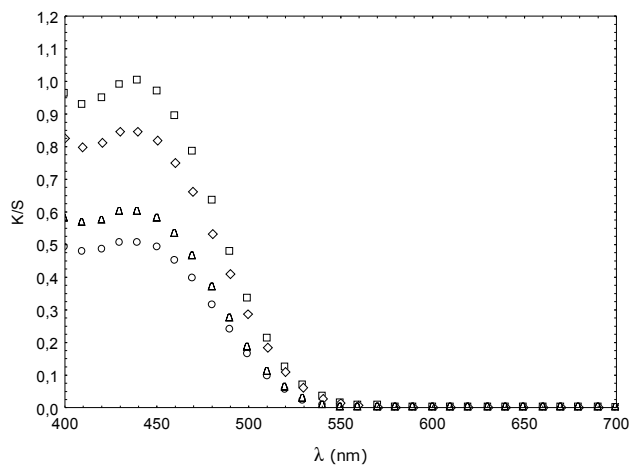


Fig. 4. Gráfico de K/S da fibra Diacetato
○ 2HDEAA, □ 2HDEAPr, ◇ 2HDEAB, ▲ 2HDEAPE

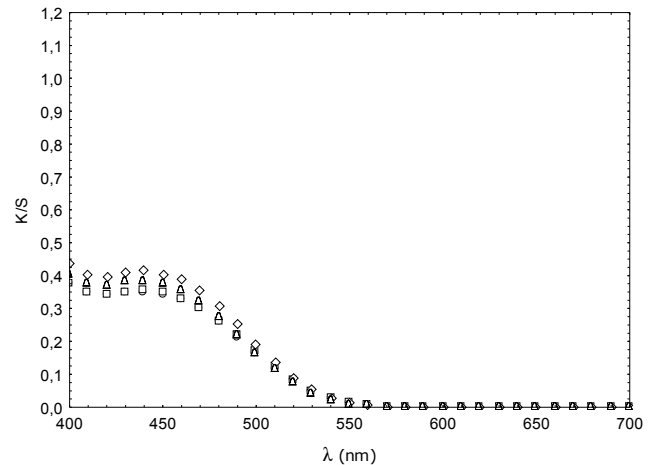


Fig. 5. Gráfico de K/S da fibra Algodão
○ 2HDEAA, □ 2HDEAPr, ◇ 2HDEAB, ▲ 2HDEAPE

A fibra tinta nas Fig. 7, foi a que apresentou melhor resultado tendo seu valor de K/S superior a 1,1 com o LI 2HDEAA.

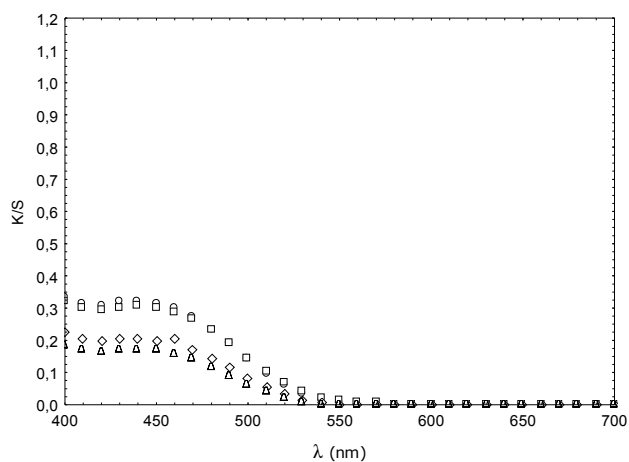


Fig. 6. Gráfico de K/S da fibra Poliéster
○ 2HDEAA, □ 2HDEAPr, ◇ 2HDEAB, ▲ 2HDEAPE

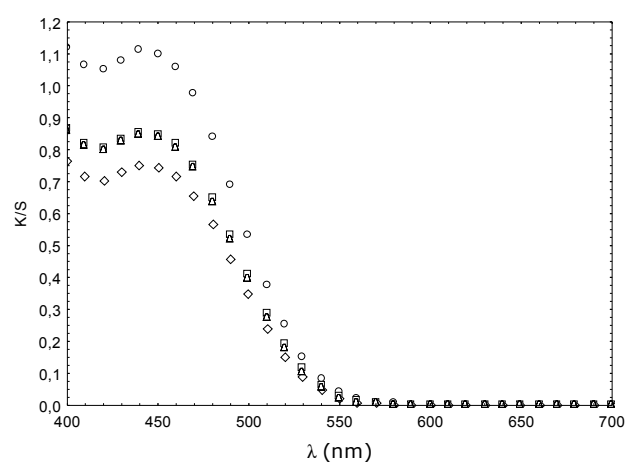


Fig. 7. Gráfico de K/S da fibra Poliamida
○ 2HDEAA, □ 2HDEAPr, ◇ 2HDEAB, ▲ 2HDEAPE

As Fig. 5, 6 e 8, temos as fibras de Algodão, Poliéster e Poliacrílico não tingiram ao comparar com as fibras anteriores “Lã e Poliamida”, enquanto na Fig. 4 a fibra de Diacetato apresentou um resultado similar as fibras com grupos amínicos para os LIs 2HDEAPr.

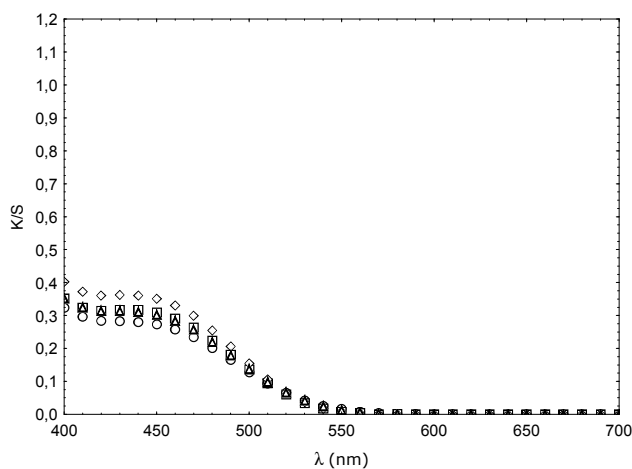


Fig. 8. Gráfico de K/S da fibra Poliacrílico
 ○ 2HDEAA, □ 2HDEAPr, ◇ 2HDEAB, ▲ 2HDEAPE

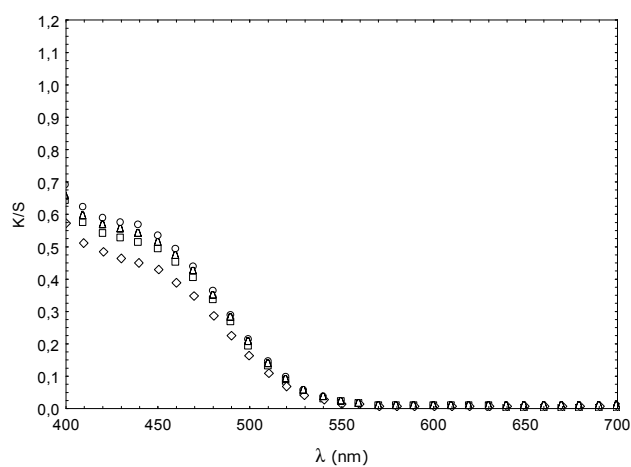


Fig. 9. Gráfico de K/S da fibra Lã
 ○ 2HDEAA, □ 2HDEAPr, ◇ 2HDEAB, ▲ 2HDEAPE

Observa-se também que para as fibras de Poliacrílico e Algodão o LI de cadeia mais longa 2HDEAPE, foi o que apresentou melhor resultado.

4. Conclusão

Assim, com os resultados demonstrados, podemos concluir que é possível fazer tingimento têxtil, utilizando apenas corante Ácido e como solvente Líquido Iônico, sem utilização de demais produtos químicos e reagentes, e como principal fator a eliminação total do uso da água durante o processo de tingimento do tecido, tornando este tipo de tingimento ambientalmente sustentável, tendo em vista e eliminação da utilização de um recurso proveniente da natureza como a “água”, que futuramente pode estar escasso.

A viabilidade de aplicação é plausível tendo em vista os resultados obtidos nos ensaios propostos. Muitas análises ainda devem ser consideradas até sua efetiva utilização como: Intensidade de tingimentos, variabilidade de temperatura, solubilidade do corante, interação do processo com o Líquido Iônico, corante e fibra além de testes de solidez e custos.

Pois, eliminando a água do processo de tingimento, temos também a redução/eliminação dos tratamentos de efluentes têxteis, fator de grande estudo na atualidade tendo em vista o impacto ambiental em que os resíduos sólidos (lodos industriais) e os resíduos líquidos que são despejados nos rios, causam para o ambiente.

Referências

Alvarez, V.H.; Dosil, N.; Gonzalez-Cabaleiro, R.; Mattedi, S.; Martin-Pastor, M.; Iglesias, M.; Navaza, J.M.; Brønsted ionic liquids for sustainable processes: synthesis and physical properties, *Journal of Chemical and Engineering*, 55, 625–632, 2010.

Filho, A. D.; 2010, Indústria Têxtil e de Confecção: Emprego e Renda para o Brasil, Disponível em: http://www.guiatextil.com/site/noticias/economia/industria_textil_e_de_confeccao_emprego_e_renda_para_o_brasil acessado em Janeiro/2013

Greaves, T. L.; Drummond, C. J. Protic Ionic Liquids: Properties and Applications. *Chem. Rev.* 108, 206–237, 2008.

Guaratini, C. C. I.; Zanoni, M. V. N. Corantes têxteis. *Química Nova*, 23, 71-78, 2000.

Hart, E. Reciclagem de Água, um Programa Economicamente Viável e Tecnicamente Inovativo. *Tecnologia Meio Ambiente. Química Têxtil*, 07-10, 1994.

Heinfling, A.; Martinez, M. J.; Martinez, A. T.; Bergbauer, M.; Szewzyk, U. Transformation of Industrial Dyes by Manganese Peroxidases from *Bjerkandera adusta* and *Pleurotus eryngii* in a Manganese-Independent Reaction, *Applied and Environmental Microbiology*, 2788–2793, 1998.

Iglesias, M.; Gonzalez-Olmos, R.; Cota, I.; Medina, F.; Brønsted ionic liquids: Study of physico-chemical properties and catalytic activity in aldol condensations, *Chemical Engineering Journal*, 802-808, 2010.

Knittel, D.; Schollmeyer, E.; Process to dye man-made or natural fibres in which the dye is applied as an 'ionic fluid', *Deut Textilforschungszentrum, Nord-West*, 2006

Kunz, A.; Peralta-Zamora, P.; Moraes, S. G.; Durán, N.; Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis, *Química Nova*, 25, 78-82, 2002.

Neves, J., 2000. Manual de Estamparia Têxtil. Gráfigamelas, Guimarães - Portugal.

Salem, V., 2010. Tingimento Têxtil: Fibras, Conceitos e Tecnologias, Blucher, São Paulo.

Silva, M. C.; Corrêa, A. D.; Torres, J. A.; Amorim, M. T. S. P. Descoloração de Corantes Industriais e Efluentes Têxteis Simulados por Peroxidase de Mabo (*Brassica campestris*), *Quim. Nova*, Vol. 35, No. 5, 889-894, 2012.

O'Neill, C.; Hawkes, F. R.; Hawkes, D. L.; Lourenço, N. D.; Pinheiro, H. M.; Dele´e, W. Colour in textile effluents – sources, measurement, discharge consents and simulation: a review. *J Chem Technol Biotechnol*, Vol. 74, 1009-1018, 1999.

Zhao, H. Innovative Applications of Ionic Liquids as "Green" Engineering Liquids, *Chem. Eng. Comm.*, 193, 1660–1677, 2006.

Zhu, S.; Chen, R.; Wu, Y.; Chen, Q.; Zhang, X.; Yub, Z. A Mini-Review on Greenness of Ionic Liquids, *Chem. Biochem. Eng. Q.*, 23, 207–211, 2009.

Informações Técnicas do corante Acid Orange 67. Disponível em: http://www.chemicalbook.com/ProdSupplierGWCB4874812_EN.htm acessado em Janeiro/2013