

## **Proteção UV de tecidos de poliamida e de lã tingidos com folhas de teca**

### **UV protection of polyamide and wool fabrics dyed with teak leaves**

DOI:10.34117/bjdv7n6-304

Recebimento dos originais: 07/05/2021

Aceitação para publicação: 01/06/2021

#### **Bruna de Aguiar Fiori**

Graduada em Engenharia Têxtil

Instituição: Universidade Estadual de Maringá

Endereço: Av. Reitor Zeferino Vaz, S/N°. Jardim Universitário, 87360-000 – Goioerê,  
PR

E-mail: ra93102@uem.br

#### **Nívea Taís Vila**

Doutora em Engenharia Têxtil

Instituição: Universidade Estadual de Maringá

Endereço: Av. Reitor Zeferino Vaz, S/N°. Jardim Universitário, 87360-000 – Goioerê,  
PR

E-mail: ntvila@uem.br

#### **Alexandre José Sousa Ferreira**

Doutor em Engenharia Têxtil

Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina

Endereço: R. João Pessoa, 2750 - Velha, 89036-002 – Blumenau, SC

E-mail: alexandre.ferreira@ufsc.br

#### **António Pedro Garcia de Valadares Souto**

Doutor em Química Têxtil

Instituição: Universidade do Minho

Endereço: Campus de Azurém, Av. da Universidade, 4800-058 Guimarães, Portugal

E-mail: souto@det.uminho.pt

#### **Marta Fernandes**

Mestre em Engenharia Têxtil

Instituição: Universidade do Minho

Endereço: Campus de Azurém, Av. da Universidade, 4800-058 Guimarães, Portugal

E-mail: martasmf@hotmail.com

#### **Márcia Gomes da Silva**

Doutora em Engenharia Têxtil

Instituição: Universidade Estadual de Maringá

Endereço: Av. Reitor Zeferino Vaz, S/N°. Jardim Universitário, 87360-000 – Goioerê,  
PR

E-mail: marcia\_gds@yahoo.com.br

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi o desenvolvimento de propriedades anti-UV em tecidos de poliamida 6.6 e tecidos de lã através do tingimento com extrato aquoso obtido a partir de folhas de teca (*Tectona grandis*). O extrato foi obtido em diferentes temperaturas para avaliar a influência dessa variável na eficiência de extração do corante. O tingimento foi otimizado pela análise da influência das variáveis mais importantes do processo, nomeadamente a temperatura e o pH. A maior eficiência de extração foi alcançada a 100 °C. Verificou-se que esta mesma temperatura e pH 5,0 (para poliamida) e pH 3,0 (para lã) foram as condições otimizadas que produziram os melhores resultados de intensidade de cor no tingimento. O fator de proteção UV (UPF) dos tecidos tingidos apresentou um aumento significativo após o processo de tingimento. As propriedades de solidez à lavagem e à fricção também foram avaliadas.

**Palavras-chave:** cationização, anti-UV, tingimento natural, teca

## ABSTRACT

The aim of this study was the development of anti-UV properties in polyamide 6.6 fabrics and wool fabrics by dyeing with aqueous extract obtained from teak leaves (*Tectona grandis*). The extract was obtained at different temperatures to evaluate the influence of this variable on the dye extraction efficiency. Dyeing was optimized by analyzing the influence of the most important process variables, namely temperature and pH. The highest extraction efficiency was reached at 100 °C. It was found that the same temperature and pH 5.0 (for polyamide) and pH 3.0 (for wool) were the optimized conditions that produced the best color intensity results. in the dyeing. The UV protection factor (UPF) of dyed fabrics showed a significant increase after the dyeing process. The wash and friction fastness properties were also evaluated.

**Keywords:** cationization, anti-UV, natural dyeing, teak

## 1 INTRODUÇÃO

Corantes naturais foram a primeira forma de adicionar cor em qualquer substrato têxtil. Na China, a arte de tingir provavelmente remota a 3000 aC e a 2500 aC na Índia. O índigo é talvez o corante natural mais antigo usado pelo homem. Ainda assim, é atribuído ao ser humano da era pré-histórica a descoberta de propriedades de tingimento de alguns extratos de folhas, frutas, flores esmagadas, raízes, cascas, etc. (HAR BHAJAN E BHARATI, 2014).

Em 1856, o corante sintético malvina, também conhecido como púrpura de anilina ou malva de Perkin, foi descoberto por W.H. Perkin e este corante aumentou a pesquisa, produção e aplicação e, como consequência negativa, o uso de corantes naturais caiu drasticamente. Contudo, a crescente preocupação das pessoas com questões de segurança ecológica e de saúde aumentou a popularidade de produtos biológicos benignos e não tóxicos. A aplicação de corantes sintéticos tem efeitos

nocivos ao ambiente e pode causar reações alérgicas, tóxicas e carcinogênicas. Assim, na última década, vários pesquisadores deram atenção às aplicações de corantes naturais e a pesquisa e o desenvolvimento nessa área estão sendo realizados em todo o mundo (SHAHID et al., 2013).

Com todas essas preocupações sobre o impacto ambiental global, os corantes naturais estão sendo introduzidos novamente em substituição aos sintéticos por serem ecologicamente seguros e proporcionarem uma economia circular (GÜRSES, 2018). A forma mais sustentável para o tingimento de tecidos evita a alteração química da molécula de corante natural. Também exclui o uso de vários mordentes, pois estes geralmente são sais metálicos. Esta sustentabilidade no processo permite que o banho de corante seja liberado no ambiente sem causar nenhum dano ambiental (FRÖSE et al., 2019).

Alguns corantes naturais, além de proporcionarem tons exclusivos, são capazes de dotar os materiais têxteis com proteção UV, propriedades antibacterianas, antifúngicas e antioxidantes (SHABBIR et al., 2018). Essas propriedades proporcionam o desenvolvimento de produtos têxteis de maior valor agregado, possibilitando oferecer à classe de consumidores cada vez mais exigente produtos multifuncionais que ofereçam conforto e proteção ao usuário (SILVA et al., 2018).

A capacidade dos têxteis protegerem os usuários contra a radiação UV depende de um número significativo de fatores, incluindo a cor do tecido, a construção e a composição química. Tecidos tingidos têm uma maior proteção do que tecidos não tingidos, aumentando de acordo com a concentração de corante. Normalmente, as cores claras refletem melhor a radiação solar do que as cores escuras (GRIFONI et al., 2011).

Dentre os corantes naturais que podem ser utilizados no tingimento de materiais têxteis, a teca apresenta um grande potencial, sendo uma árvore nativa asiática, presente no território brasileiro. O extrato desta planta é obtido a partir das folhas secas e apresenta compostos fenólicos, incluindo taninos, cumarinas e aminoácidos (FERREIRA et al., 2018).

Nenhuma informação foi encontrada na literatura sobre a influência do tingimento com extrato de folhas de teca para melhorar as propriedades de proteção UV dos materiais de lã e poliamida. Assim, o objetivo desta pesquisa foi desenvolver um processo de tingimento de tecidos de lã e poliamida com extrato natural de teca, a fim de obter tecidos tingidos com propriedades anti-UV.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 MATERIAIS E REAGENTES

Folhas de teca, coletadas no Brasil, foram utilizadas como corante natural. Tecidos planos de lã (150 gm<sup>-2</sup>) e poliamida 6.6 (112 gm<sup>-2</sup>) usados em todos os experimentos foram adquiridos na forma pré-lavada e pronta para o tingimento. Carbonato de sódio e ácido acético foram usados para a correção do pH da solução de tingimento. O detergente não iônico Nionlab Celm foi utilizado para lavar os tecidos após o tingimento e no ensaio de solidez à lavagem.

### 2.2 PREPARAÇÃO DO EXTRATO

O extrato de corante das folhas de teca foi obtido por extração aquosa sem a adição de quaisquer produtos químicos. As folhas frescas de teca foram secas em uma estufa e finamente moídas em um liquidificador. Os extratos foram obtidos em diferentes temperaturas (70-100 °C), adicionando 20 g de folhas de teca a 1 L de água destilada. A extração foi realizada em banho termostático 500/3D Nova Etica, sob agitação, por 60 min. Após o processamento, as soluções foram filtradas, resfriadas e analisadas em um espectrofotômetro 1601 DC Shimadzu para obtenção do espectro UV-Vis, com o objetivo de avaliar a influência da temperatura no rendimento da extração.

### 2.3 OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE TINGIMENTO

O tingimento foi otimizado considerando a influência das variáveis temperatura e pH. Todos os ensaios foram realizados na máquina de tingimento Kimak AT1-SW, durante 60 min, com 20 gL<sup>-1</sup> de extrato de folhas de teca, utilizando uma relação de banho de 1:100. Após o tingimento, as amostras foram lavadas com 2 gL<sup>-1</sup> de detergente não iônico a 60 °C por 10 min, enxaguadas em água fria e secas à temperatura ambiente. As amostras tintas foram avaliadas de acordo com a intensidade de cor (K/S), obtida a partir dos dados de refletância espectral, adquiridos em um espectrofotômetro Datacolor 550, usando a equação de Kubelka-Munk (Eq. 1).

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

Onde, R = reflectância difusa, K = coeficiente de absorção, S = coeficiente de dispersão.

Uma vez que a tonalidade das amostras tingidas muda de acordo com as condições de tingimento, a intensidade da cor (I) também foi calculada, de acordo com a Eq. (2), conforme descrito por Štěpánková (STEPÁNKOVÁ et al, 2011).

$$I = \sum_{\lambda=400 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} \frac{K}{S}(\lambda) * \Delta\lambda \quad \Delta\lambda = 10 \quad (2)$$

Para avaliar a influência da temperatura na intensidade de cor, as amostras de lã e poliamida foram tingidas a temperaturas de 70, 80, 90 e 100 °C a pH 5,5. A influência do pH foi avaliada pelo tingimento das amostras a 100 °C, ajustando a solução de tingimento aos valores de pH 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

## 2.4 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS TINGIDOS

### 2.4.1 Solidez à Lavagem

A solidez à lavagem dos materiais tingidos foi realizada de acordo com os procedimentos descritos na norma ISO 105-C06:2010 (Ciclo A1S), substituindo o detergente padrão por um detergente não iônico, conforme recomendado por Jothi (JOTHI, 2008). A avaliação da alteração de cor e do manchamento das fibras adjacentes foi realizada em um espectrofotômetro de reflexão Datacolor 550.

### 2.4.2 Solidez à Fricção

Os testes de solidez à fricção foram realizados de acordo com a norma ISO 105-X12: 2016, utilizando um Crockmeter. As amostras foram friccionadas contra um tecido de algodão durante dez ciclos em estado seco e úmido. Os resultados foram avaliados no espectrofotômetro de reflexão Datacolor 550.

### 2.4.3 Índice UPF dos Materiais Tingidos

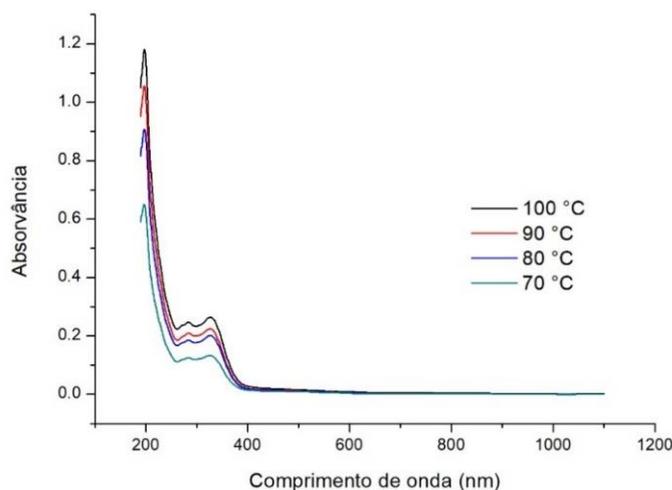
O UPF dos tecidos tingidos foi medido utilizando um espectrofotômetro Shimadzu UV-2600, de acordo com os procedimentos descritos na norma AS/NZS 4399:2017. Os ensaios foram realizados no Departamento de Engenharia Têxtil da Universidade do Minho.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO

Os espectros UV-Vis dos extratos de folhas de teca em diferentes temperaturas de extração são apresentados na Figura 1.

Figura 1. Espectros UV-Vis dos extratos de folhas de teca em diferentes temperaturas de extração



É possível observar que o incremento da temperatura de extração levou a um aumento na absorbância do extrato aquoso, obtendo-se o melhor resultado a 100 °C, razão pela qual todos os extratos de folhas de teca utilizados no âmbito deste trabalho foram obtidos nestas condições. O comprimento de onda de absorção máxima das soluções analisadas varia ligeiramente com a temperatura de extração utilizada, mas confirmou-se que o extrato apresentou sempre coloração marrom intensa e pH 5,5. O aumento da temperatura proporciona uma maior concentração de compostos em solução e, provavelmente, uma maior eficiência do processo de extração (SILVA et al., 2018).

Os espectros de UV-Vis revelaram também que o extracto apresenta capacidade de absorção de radiação nas regiões UV-C (100-280 nm), UV-B (280-315 nm) e UV-A (315-400 nm). Portanto, é previsível que as fibras tingidas com o extrato de teca adquiram uma capacidade aumentada para absorver a radiação UV, tornando-as mais adequadas para aplicações têxteis anti-UV.

## 3.2 OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE TINGIMENTO

### 3.2.1 Influência da Temperatura

Os resultados relativos à influência da temperatura para o tingimento da lã e da poliamida com o extrato das folhas de teca são apresentados respectivamente nas Figuras 2 e 3.

Pela análise dos dados é possível concluir que em ambos os casos o aumento da temperatura de tingimento promove o aumento do rendimento tintorial, como pode ser visto a partir das curvas K/S e da intensidade de cor (I) das amostras tingidas. Desta

forma, fica comprovado que as amostras tingidas a 100 °C foram as que apresentaram o melhor rendimento colorístico tanto para a poliamida como para a lã. Esse comportamento pode ser atribuído à maior energia cinética das moléculas de corante a altas temperaturas e, conseqüentemente, à maior capacidade de migração nessas condições (ALI, HUSSAIN e NAWAZ, 2009; NASIRIZADEH et al., 2012). O aumento na mobilidade dos íons do corante com a temperatura aumenta o número de moléculas que interagem com os sítios ativos na superfície dos materiais, conseqüentemente aumentando o rendimento do corante (CHAIRAT *et al.*, 2008).

Figura 2 Tingimento de lã com extrato de folhas de teca - curvas K / S, intensidade de cor e amostras tingidas a diferentes temperaturas testadas.

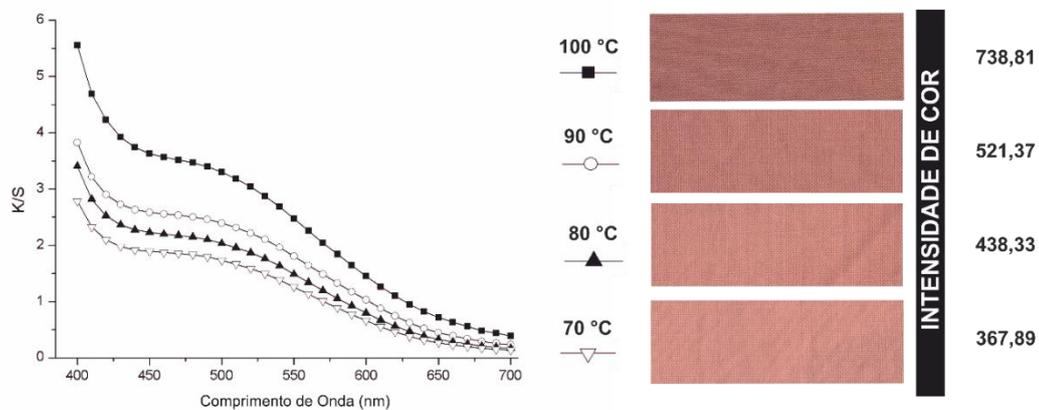
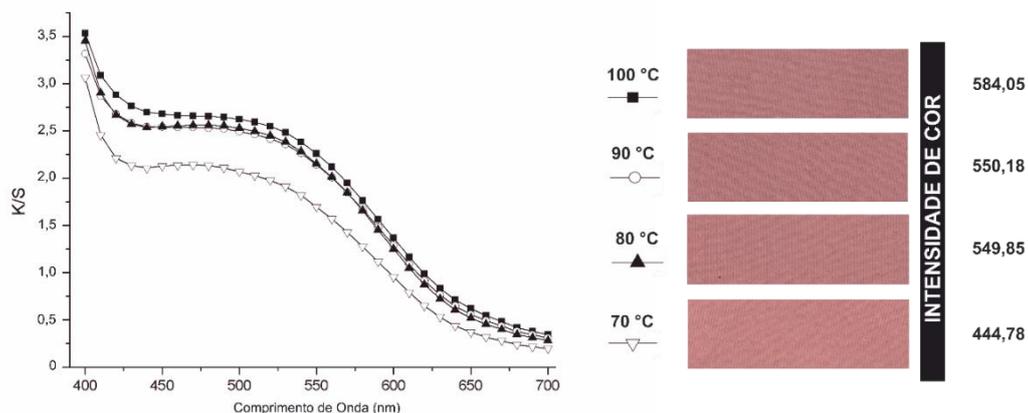


Figura 3 Tingimento de poliamida com extrato de folhas de teca - curvas K / S, intensidade de cor e amostras tingidas a diferentes temperaturas testadas.



É possível notar também que o efeito da temperatura no rendimento tintorial é mais pronunciado no tingimento dos tecidos de lã. O fato de a menor temperatura do corante testada (70 °C) estar acima da temperatura de transição vítrea da poliamida

quando saturada com água ( $\approx 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) (BROADBENT, 2001), provavelmente faz com que a mobilidade das cadeias poliméricas seja já acentuada nessas condições, o que facilita a difusão do corante nas fibras, permitindo que o estado de equilíbrio seja alcançado em períodos de tempo mais curtos. No tingimento da lã, em que o mecanismo pode ser explicado pelo modelo de matriz rígida porosa, em oposição ao modelo de volume livre da poliamida (BURKINSHAW, 2015), o aumento de temperatura contribui essencialmente para aumentar a energia cinética das moléculas de corante e, assim, aumentar a velocidade de tingimento, fazendo com que o equilíbrio seja alcançado tão mais rapidamente quanto maior a temperatura utilizada.

Uma vez que as mudanças estruturais produzidas nas fibras de poliamida a uma temperatura de  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  permitem velocidades de tingimento significativamente superiores às obtidas pelo tingimento da lã nas mesmas condições, o tempo necessário para atingir o equilíbrio será muito inferior ao necessário no caso do tingimento da lã. Assim, para temperaturas abaixo de  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  e por períodos relativamente curtos, o rendimento tintorial obtido no tingimento da poliamida será menos dependente da temperatura do que o obtido no tingimento da lã.

### 3.2.2 Influência do pH

O extrato natural de teca apresentou maior absorção em tecidos sob condições ácidas quando comparado a condições alcalinas, como pode ser confirmado pelos dados apresentados na Figura 4 para tingimento da lã e na Figura 5 para o tingimento da poliamida.

Figura 4 Tingimento da lã com extrato de folhas de teca - curvas K / S, intensidade de cor e amostras tingidas a diferentes valores de pH.

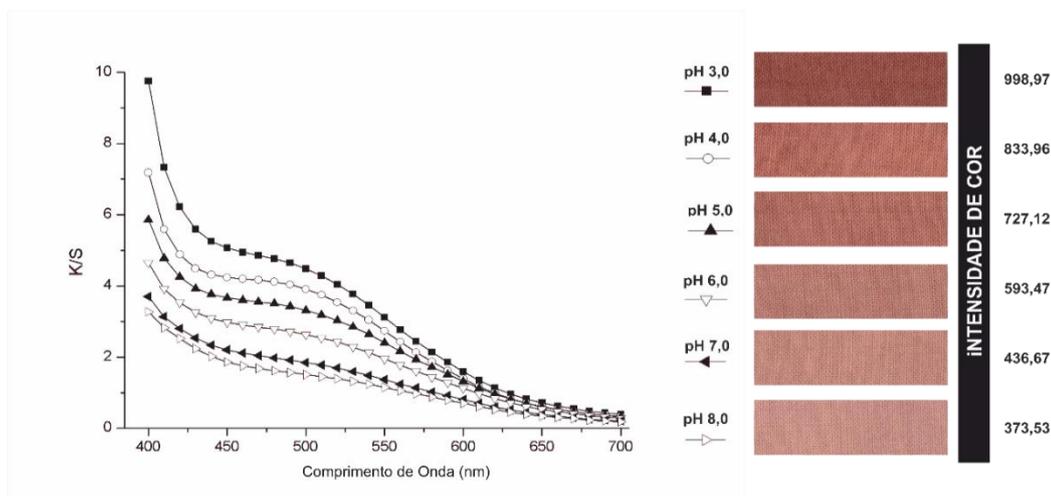
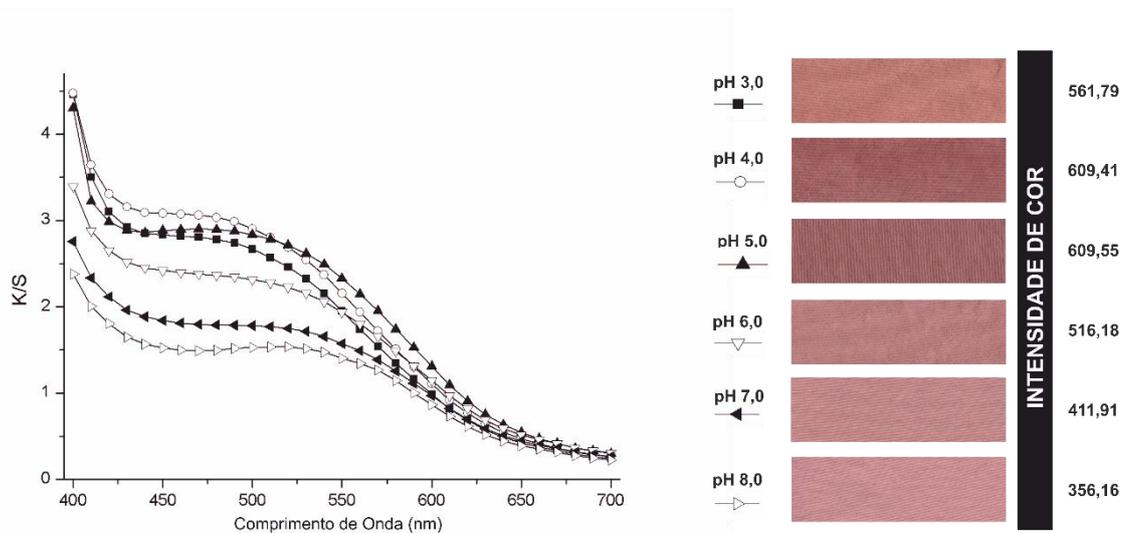


Figura 5 Tingimento da poliamida com extrato de folhas de teca - curvas K / S, intensidade de cor e amostras tingidas a diferentes valores de pH.



Os melhores resultados de intensidade de cor foram obtidos a pH 3,0 para lã e pH 5,0 para tingimento dae poliamida. O aumento da absorção de corante sob condições ácidas pode ser atribuído às características estruturais do corante e das fibras, onde as forças eletrostáticas entre os grupos amino terminais das fibras de lã e poliamida, protonados em meio ácido, desempenham um papel predominante no processo de adsorção do corante (NEEDLES, 1986; LOKHANDE e DORUGADE, 1999).

Quando o tingimento é realizado sob condições alcalinas, os grupos amino terminais praticamente não são ionizados. Contudo, os grupos carboxilo presentes nas fibras ionizam sob condições alcalinas, atribuindo cargas negativas às fibras de poliamida e lã. Quando isso acontece, fenômenos de repulsão eletrostática são evidenciados entre a fibra carregada negativamente e o corante aniônico, dificultando a sua aproximação às fibras para que ocorra a formação de ligações químicas entre elas (BURKINSHAW, 2015). Assim, sob estas condições, o rendimento do corante diminui significativamente.

A análise dos resultados dos tecidos de lã e poliamida tingidos em diferentes condições de pH permitem também verificar que as tonalidades obtidas se alteram significativamente dependendo do pH da solução de tingimento. Isto é confirmado pela existência de cruzamentos nas curvas K/S das amostras tingidas e pelas variações nas suas respectivas coordenadas cromáticas (SILVA et al., 2018), mostradas na Figura 6 para as amostras de lã e na Figura 7 para as amostras de poliamida.

Figura 6 Coordenadas de cor CIELab de tecidos de lã tingidos com extrato de folhas de teca a diferentes valores de pH.

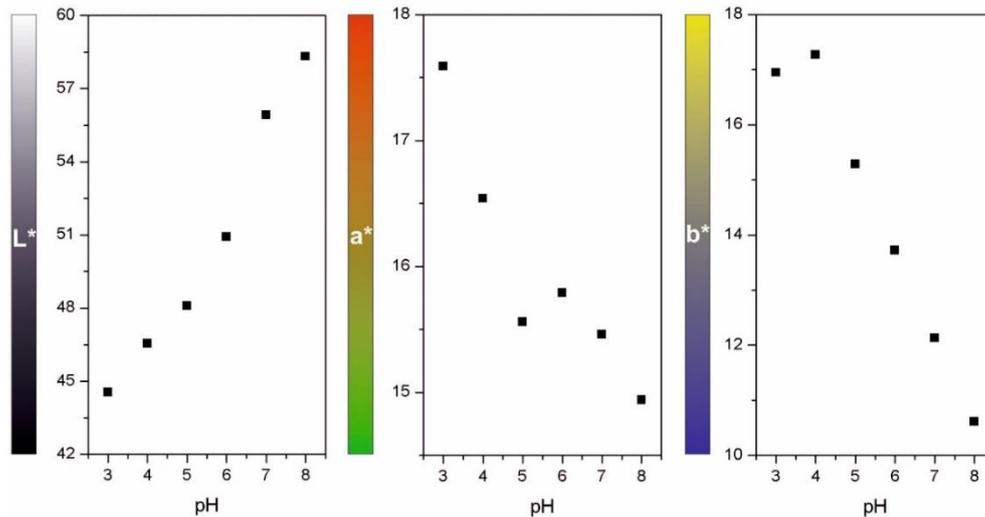
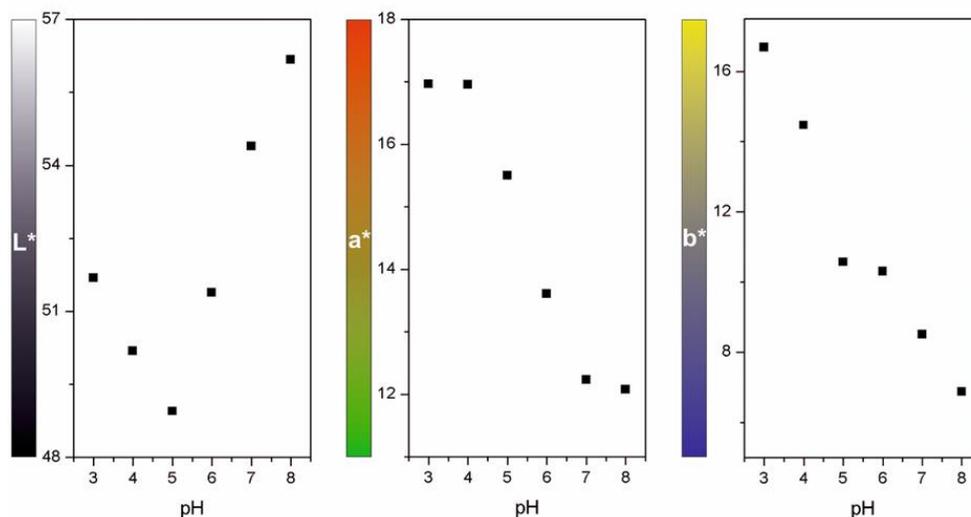


Figura 7 Coordenadas de cor CIELab de tecidos de poliamida tingidos com extrato de folhas de teca a diferentes valores de pH.



### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS TINGIDOS

#### 3.3.1 Fator de Proteção UV (UPF)

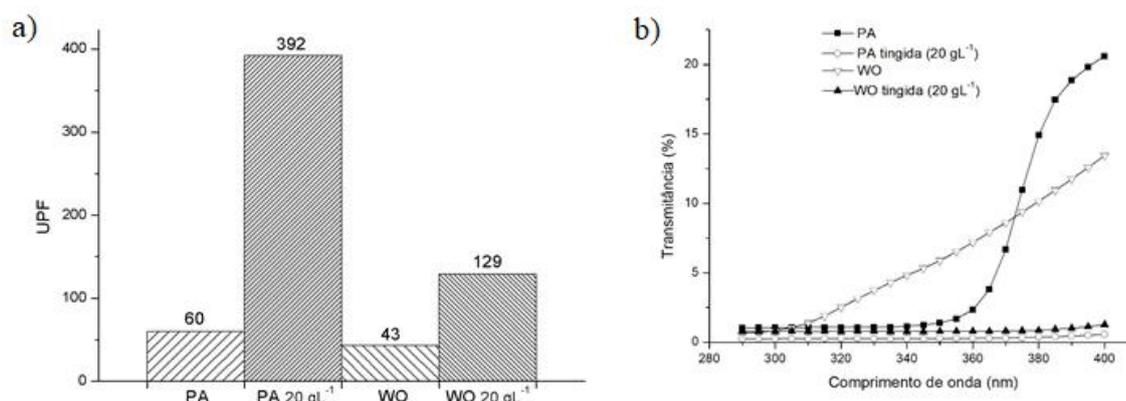
As amostras de lã e poliamida antes do tingimento apresentaram um índice UPF médio de 43 e 60, respectivamente (Figura 8a), que pode ser classificado como excelente de acordo com a norma AS/NZS 4399:1996.

No caso específico de tecidos de lã, a porcentagem reduzida de transmitância é devido ao alto fator de cobertura da estrutura do tecido ( $K=27,64$ ) e à coloração natural da fibra (SARKAR, 2005). Os tecidos de poliamida, por sua vez, mesmo apresentando alto fator de cobertura ( $K=29,79$ ), oferecem boa proteção UV antes de serem tingidos devido a antioxidantes, estabilizadores UV e pequenas partículas como o  $TiO_2$ , geralmente adicionadas ao polímero fundido antes de sua extrusão (MATHER e

WARDMAN, 2015). A presença deste tipo de partículas pequenas, altamente dispersivas, além de reduzir o brilho superficial das fibras, também aumenta sua opacidade e a capacidade de filtrar a radiação UV, como descrito em vários estudos (MCINTYRE, 2005; DEOPURA et al., 2008). Na Figura 8b este comportamento pode ser observado.

Após o tingimento com extrato de folhas de teca, a média do índice UPF dos tecidos de lã aumentou para 129 e da poliamida aumentou para 392. Esses altos valores de UPF resultam de transmitâncias UV-A na ordem de 0,85% para lã e 0,32% para poliamida. O significado desses valores é um bloqueio quase total da radiação UV que atinge o material. Isso demonstra que os tecidos de lã e poliamida tingidos com extrato natural de folhas de teca possuem alta proteção UV.

Figura 8 Fator de proteção UV (a) e porcentagem de transmitância (b) dos tecidos de lã e poliamida antes e depois do tingimento com extrato de folhas de teca ( $20 \text{ gL}^{-1}$ ).



### 3.3.2 Solidez à Lavagem e à Fricção

A solidez à lavagem e à fricção dos tecidos tingidos com extrato de folhas de teca são apresentadas na Tabela 1. A solidez à lavagem de ambas as fibras pode ser considerada boa a muito boa variando de grau 4 a 5 para lã e 4-5 a 5 para a poliamida. A solidez à fricção pode ser classificada como boa para a amostra de poliamida, com grau 3 para a solidez à fricção a úmido e 3-4 para a solidez à fricção a seco. Por outro lado, a amostra de lã apresentou baixa resistência à fricção, apresentando grau 2 para solidez à fricção úmida e 3 para solidez à fricção a seco.

Tabela 1 Solidez à lavagem e à fricção dos tecidos de lã e poliamida tingidos com extrato de folhas de teca

Amostra	Solidez à lavagem							Solidez à fricção	
	Alteração	Manchamento do testemunho						Seco	Úmido
		WO	PAC	PES	PA	CO	CA		
Lã	4-5	5	5	5	5	5	5	2-3	2
Poliamida	4-5	5	5	5	4-5	5	5	4	3-4

#### 4 CONCLUSÕES

Os resultados mostram que é possível tingir tecidos de lã e poliamida com extrato natural de folhas de teca, obtendo-se bons níveis de solidez à lavagem e excelentes propriedades anti-UV. A resistência à fricção pode ser classificada como boa para fibras de poliamida e fraca para a lã.

Para ambas as fibras, o melhor rendimento tintorial foi obtido com uma temperatura de 100 °C. O pH considerado ideal para o tingimento foi de 5,0 para a poliamida e 3,0 para a lã.

Os tecidos de lã e poliamida apresentaram índices de UPF considerados excelentes para as amostras de tecidos antes do tingimento. No entanto, os índices foram melhorados significativamente após o tingimento com o extrato de folhas de teca, fazendo com que os tecidos apresentassem um alto fator de proteção UV.

Para concluir, o processo de tingimento e acabamento desenvolvido permite a produção de tecidos de lã e poliamida tingidos, funcionais e sustentáveis, uma vez que são produzidos com baixo impacto ambiental e utilizando apenas produtos de origem natural.

## REFERÊNCIAS

- ALI, S.; HUSSAIN, T.; NAWAZ, R. Optimization of alkaline extraction of natural dye from Henna leaves and its dyeing on cotton by exhaust method. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 1, p. 61–66, jan. 2009.
- BROADBENT, A. D. Basic Principles of Textile Coloration, **Canada: Society of Dyers and Colourists**, 2001.
- BURKINSHAW, S. M. Physico-chemical aspects of textile coloration, **Physico-Chemical Aspects of Textile Coloration**, 2015.
- CHAIRAT, M. et al. Adsorption kinetic study of lac dyeing on cotton. **Dyes and Pigments**, v. 76, n. 2, p. 435–439, mar. 2008.
- DEOPURA, B. L. et al. Polyesters and polyamides. **Cambridge: Woodhead Publishing limited**, 2008.
- FERREIRA, A. J. S. et al. Surface activation of textile fibers by plasma DBD for dyeing with teak leaf. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 460, n. 1, 2018.
- FRÖSE, A. et al. Application of natural dyes on diverse textile materials. **Optik**, v. 181, n. December 2018, p. 215–219, 2019.
- GRIFONI, D. et al. The role of natural dyes in the UV protection of fabrics made of vegetable fibres. **Dyes and Pigments**, v. 91, n. 3, p. 279–285, dez. 2011.
- HAR BHAJAN, S.; BHARATI, K. A. 2 - History of natural dyes. In: HAR BHAJAN, S. e BHARATI, K. A. (Ed.). **Handbook of Natural Dyes and Pigments**: Woodhead Publishing India, 2014. p.4-8.
- JOTHI, D. Extraction of natural dyes from African marigold flower (*Tagetes erecta*) for textile coloration, **Autex Research Journal**, 2008.
- LOKHANDE, H. AND DORUGADE, V. Dyeing nylon with natural dyes, **American dyestuff reporter**, 1999.
- MATHER, R. R.; WARDMAN, R. H. **The Chemistry of Textile Fibres**. 2nd Edition ed. Scotland, UK, UK: Royal Society of Chemistry, 2015.
- MCINTYRE, J. E. **Synthetic fibres: nylon, polyester, acrylic, polyolefin**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2005.
- NASIRIZADEH, N. et al. Optimization of wool dyeing with rutin as natural dye by central composite design method. **Industrial Crops and Products**, v. 40, p. 361–366, nov. 2012.
- NEEDLES, H. L. Textile Fibers, Dyes, Finishes, and Processes: A Concise Guide. **Noyes Publications (Pollution Technology Review)**, 1986.
- SARKAR, A. K. Textiles for UV protection. In: SCOTT, R. A. (Org.). **Textiles for protection**. [S.l.]: Woodhead Publishing, 2005. p. 355–377.

SHABBIR, M.; RATHER, L. J.; MOHAMMAD, F. Economically viable UV-protective and antioxidant finishing of wool fabric dyed with *Tagetes erecta* flower extract: Valorization of marigold. **Industrial Crops and Products**, v. 119, n. April, p. 277–282, 2018.

SHAHID, M. et al. **Recent advancements in natural dye applications: a review**. 2013. 310–331 f. Elsevier Ltd, 2013.

SILVA, M. G. et al. Cleaner production of antimicrobial and anti-UV cotton materials through dyeing with eucalyptus leaves extract. **Journal of Cleaner Production**, v. 199, p. 807–816, 2018.

ŠTĚPÁNKOVÁ, M., WIENER, J. & RUSINOVÁ, K. Decolourization of vat dyes on cotton fabric with infrared laser light. **Cellulose**, 2011. 18(2), pp.469–478.

UL-ISLAM, S.; BUTOLA, B. S. **The Impact and Prospects of Green Chemistry for Textile Technology**. Elsevier Science, 2018.