



## AVALIAÇÃO DO TINGIMENTO DE FIBRAS DE POLIAMIDA COM APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA TÊXTIL UTILIZANDO SOLUÇÕES ALCOÓLICAS

Antônio L. Petters<sup>1\*</sup>, José H. O. do Nascimento<sup>2</sup> e Matheus Poletto<sup>1</sup>

1 - Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos e Tecnologias (PGPROTEC), Universidade de Caxias do Sul (UCS). Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Bloco G – Sala 103, Caxias do Sul, CEP 95070-560, RS.

2 – Programa de Pós-graduação em Engenharia Têxtil (PPGET), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN.

[alpetter@ucs.br](mailto:alpetter@ucs.br)

### RESUMO

A indústria têxtil é conhecida por utilizar uma grande quantidade de insumos em seu processo produtivo. O aumento da preocupação com as questões que envolvem a conservação do meio ambiente acarreta a busca por processos produtivos que possam consumir uma menor quantidade de recursos naturais. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da utilização de soluções alcoólicas na redução da temperatura do processo de tingimento e nas propriedades físicas e químicas da fibra de poliamida. Foram utilizados no tingimento soluções de etanol, butanol e fenilmetanol. A concentração do álcool no banho foi fixada em 25 g/l, enquanto a temperatura final do tingimento foi igual a 50°C. As amostras obtidas nestes tingimentos foram comparadas com a amostra padrão que em seu tingimento possui ácido acético, corante preto ácido e igualizante e foi tingida a 100°C, de acordo com o processo industrial utilizado na empresa estudada. As amostras foram avaliadas por meio de espectroscopia de reflectância, espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os resultados demonstraram que o valor de K/S para a amostra padrão foi de 31,4 ao final do processo. A utilização de etanol e butanol reduziu os valores de K/S para 6,9 e 18,2, respectivamente. O melhor rendimento de cor é alcançado com a utilização de fenilmetanol apresentando um valor de K/S igual a 28,7 com temperatura de tingimento de 50°C. O tratamento com os álcoois testados não acarretou o surgimento de novas bandas nos espectros de FTIR. As análises realizadas utilizando o MEV comprovaram que os diferentes processos de tingimento testados não modificaram a estrutura física da fibra de poliamida. A utilização de fenilmetanol contribuiu de forma efetiva na redução da temperatura do banho de tingimento sem causar modificações significativas na estrutura química e morfológica das fibras analisadas.

**Palavras-chave:** poliamida, fenilmetanol, tingimento, química têxtil.

### INTRODUÇÃO

A indústria têxtil representa um segmento industrial de grande importância no Brasil sendo responsável pela produção média de 1550 mil toneladas de produtos têxteis no período entre 2013 e 2018<sup>(1)</sup>. Este montante por sua vez pode ser classificado pelo tipo de fibra que foi processada, as fibras podem ser divididas em fibras de origem natural, artificial e sintéticas. As fibras sintéticas consumidas no Brasil em 2018 representaram 773,2 mil toneladas correspondendo a 50,5% do total consumido. As fibras sintéticas por sua vez são subdivididas em fibras de poliamida, poliéster, acrílico e polipropileno<sup>(2)</sup>. O consumo da fibra de poliamida correspondeu a 10,4% do percentual das fibras sintéticas utilizadas no país. Desta forma, em torno de 80 mil toneladas de fibras de poliamida foram processadas no Brasil durante o ano de 2018<sup>(1)</sup>. A expectativa de crescimento do mercado para produtos têxteis no país é de 2,8% ao ano até o ano de 2025. Este aumento, no entanto, deve ocorrer devido ao incremento na procura por tecidos fabricados com fibras sintéticas. Estes dados ressaltam a importância destas fibras na composição geral do consumo do mercado brasileiro<sup>(3)</sup>. Os principais recursos utilizados para o processo de tingimento das fibras de poliamida e suas misturas na indústria têxtil são a água e a quantidade de energia necessária para aquecer esta água até a temperatura de tingimento usual da fibra, que se situa entre os 98 e 105°C<sup>(4,5)</sup>. A quantidade de água utilizada está diretamente relacionada com as características dos equipamentos empregados no processo. Estes equipamentos geralmente trabalham com uma quantidade de água entre 5 à 12 vezes a massa da fibra que está sendo processada pelo equipamento<sup>(6)</sup>. Considerando a quantidade de fibras de poliamida processada anualmente no país, associado ao elevado consumo de água e ao gasto energético necessário para aquecer o banho de tingimento, torna-se necessário realizar estudos que busquem a redução do uso de insumos no processo. O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um método de tingimento de malha de poliamida / elastano, onde o produto têxtil final tenha as mesmas características de desempenho técnico de um tecido processado pelo sistema convencional, mas com economia na utilização de recursos energéticos.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### Materiais

Para a realização dos testes propostos neste estudo utilizou-se:

- Tecido de malharia circular com estrutura de meia malha Jersey, com gramatura de 300 g/m<sup>2</sup>, composto por 88% de um fio de poliamida 6.6 texturizada a ar, opaco, com 160/136 dtex de título e 12% de um fio de poliuretano elastano (PUE), semi-opaco com 70/5 denier de título.
- Corante C. I. Preto Ácido 194, nome comercial Preto Ácido Cololan MRL 215% SF, fornecedor Colourtex Produtos e Serviços.
- Ácido acético comercial 99,80% de pureza, fornecido por Rhodia Poliamida e Especialidades.
- Igualizante para poliamida (base de sulfato de metilo etoxilado), nome comercial Albegal Set, fornecedor Huntsman Química Brasil.
- Álcool benzílico PA (99%) – ACS, fornecedor Cinética Química Reagentes e Soluções,
- Álcool n-butílico PA (99%), fornecedor Neon Comercial.
- Álcool etílico PA (99,5%), fornecedor Anidrol Produtos para laboratório.

### Metodologia

Com o objetivo de desenvolver um novo método de tingimento para a poliamida, focando em redução de uso de recursos energéticos serão realizados vários experimentos que serão descritos a seguir. Foram realizados tingimentos utilizando o processo convencional e tingimentos com a adição de álcoois no processo.

O processo de tingimento inicia a uma temperatura de 40°C, o banho de tingimento é aquecido até 100°C a uma taxa de 1°C por minuto, e permanece na temperatura de 100°C por 60 minutos, em seguida é resfriado até 60°C a uma taxa de 2°C por minuto em seguida as amostras de poliamida tintas foram lavadas com água na proporção de 1:10 por 5 minutos, o processo de lavagem foi repetido por duas vezes.

As amostras foram processadas visando determinar comparativamente a eficiência da utilização de soluções alcoólicas em comparação ao processo padrão. A identificação utilizada nas amostras está descrita no Quadro 1, onde estão descritos também os produtos utilizados, suas quantidades e a temperatura final do processo.

Quadro 1 – Identificação das amostras

AMOSTRA	PRODUTOS QUÍMICOS	QUANTIDADE (g/L)	TEMPERATURA FINAL(°C)
TEC1	C. I. Preto Ácido 194 Ácido Acético Albegal SET	2,5 1,0 0,8	100
TEC2	C. I. Preto Ácido 194 Ácido Acético	2,5 1,0	100
TEC3	C. I. Preto Ácido 194 Albegal SET	2,5 0,8	100
TEC4	C. I. Preto Ácido 194 Ácido Acético Álcool Etilico	2,5 1,0 50,0	50
TEC5	C. I. Preto Ácido 194 Ácido Acético Álcool Benzílico	2,5 1,0 50,0	50
TEC6	C. I. Preto Ácido 194 Ácido Acético Álcool Butílico	2,5 1,0 50,0	50
TEC7	C. I. Preto Ácido 194 Ácido Acético	2,5 1,0	50

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é demonstrado o comportamento tintorial das amostras TEC1, TEC2 e TEC3. O tingimento TEC1 é a curva de referência, por ser a curva do processo estabelecido como padrão, as outras duas amostras são variações retirando-se em cada uma delas um dos auxiliares de tingimento utilizados. Este conjunto de três amostras foi processado a 100°C. Os valores de rendimento colorístico foram expressos em valores de K/S <sup>(2, 4, 7)</sup>.

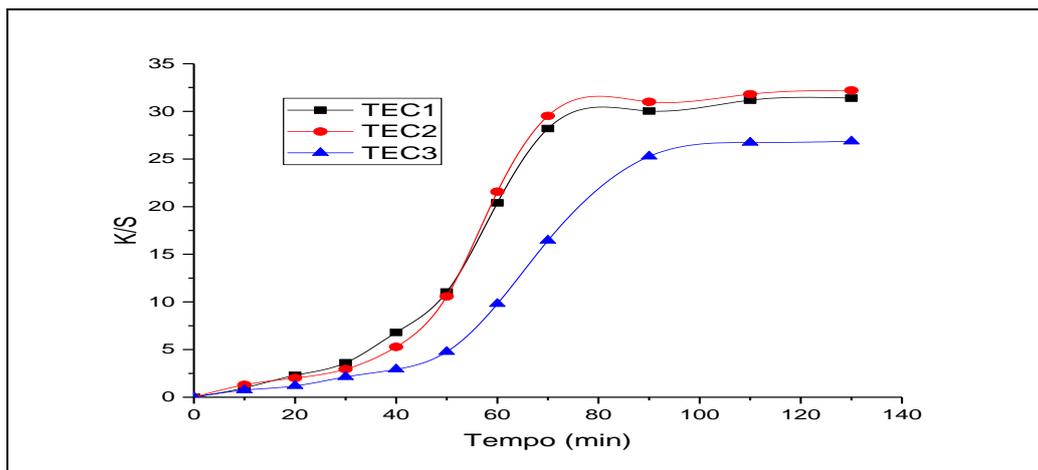


Figura 1: Curvas da montagem do corante C. I. Preto Ácido 194 no processo a 100°C.

A amostra que não possui a presença do ácido acético (TEC3) apresentou uma redução nos valores de montagem expostos pela sua curva em comparação com as duas primeiras, evidenciando a dependência que este processo de tingimento possui em relação ao pH do meio em que ele ocorre <sup>(8)</sup>. O tingimento realizado com a adição do Albegal SET apresentou um rendimento um pouco inferior ao processo sem este igualizante, portanto este produto não será usado nos tingimentos subsequentes visando com isso um melhor rendimento do corante e a economia de produtos químicos utilizados na formulação utilizada no tingimento. Na Figura 2 pode-se verificar o comportamento tintorial das amostras TEC4, TEC5, TEC6 e TEC7.

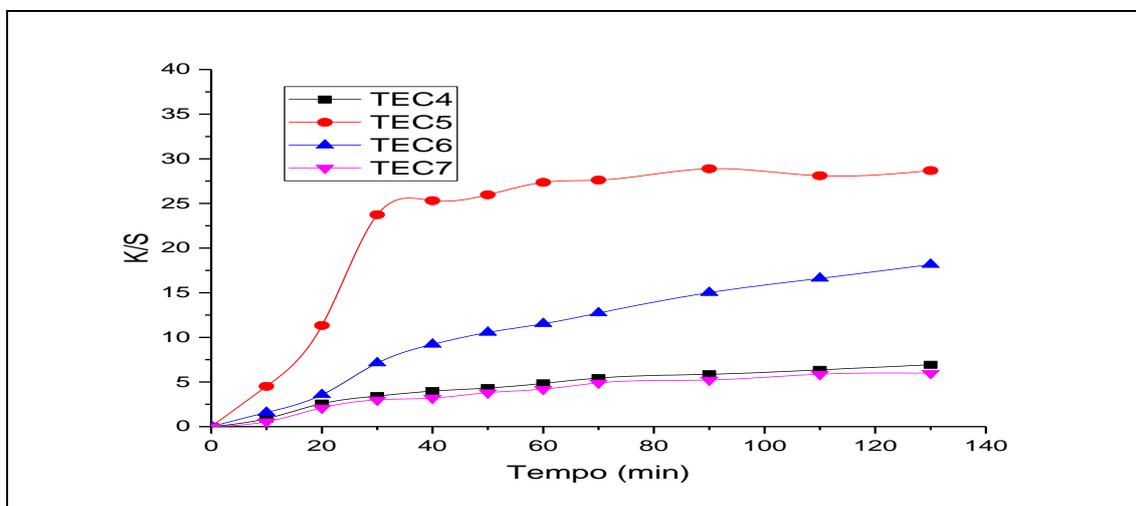


Figura 2: Curva da montagem do corante C. I. Preto Ácido 194 no processo a 50°C.

Este conjunto de amostras processadas utilizou a temperatura final do processo foi de 50°C. A amostra TEC7 é importante para demonstrar a eficiência da utilização das soluções alcoólicas no processo de tingimento. A variação da temperatura do processo de tingimento de 100°C para 50°C, ocasionou uma variação de rendimento da cor K/S de 31,39 observado em TEC1 para 5,99 em TEC7. A amostra TEC4 processada com álcool etílico apresentou um rendimento de cor reduzido com K/S de 6,93. A adição do álcool etílico no processo de tingimento não altera de maneira substancial o valor do rendimento do corante Preto Ácido C. I. 194 sobre a fibra de poliamida quando comparado ao rendimento do processo TEC7, o que não era esperado segundo Ferrero (2011) que afirma que a presença de etanol promove uma maior desagregação

do corante e conseqüente aumento de seu rendimento de cor <sup>(9)</sup>. A amostra processada com álcool n-butílico (TEC6) apresenta um rendimento intermediário, alcançando valores de K/S de 18,15 o que confirma os estudos de Shah e Jain (1985) que afirmam que este álcool possui características de desagregação de corantes ácidos, com isso aumentando o seu rendimento sobre fibras de poliamida e lã <sup>(10)</sup>. O melhor rendimento de cor foi atingido com a utilização de álcool benzílico (TEC5) apresentando um valor de força relativa K/S de 28,68. Este aumento de rendimento de cor a baixa temperatura também foi observado por Queiroz (2011) e seria justificado pela diminuição da temperatura de transição vítrea do polímero neste processo, mas isso teria que ser comprovado por uma série de experimentos de análise térmica com as fibras imersas nos banhos de tingimento em várias faixas de temperatura <sup>(11)</sup>.

## CONCLUSÕES

A partir da realização do presente estudo, pode-se verificar que processos que buscam diminuir a temperatura de tingimento da fibra de poliamida são viáveis do ponto de vista do rendimento colorístico do corante sobre a fibra. A influência da utilização de soluções alcoólicas com este objetivo mostrou-se viável, principalmente com a utilização do álcool benzílico para este propósito. O álcool butílico também proporciona um aumento do rendimento colorístico no processo a baixa temperatura se comparado com a utilização dos produtos químicos do processo padrão, porém este aumento não é da mesma magnitude que o álcool benzílico e o álcool etílico não proporciona um aumento no rendimento colorístico.

## AGRADECIMENTOS

Ao CAPES pelos recursos financeiros que proporcionaram esta jornada de aprendizado.

## REFERÊNCIAS

1. ABIT (São Paulo). Consumo Industrial de fibras e filamentos – (1970–2018). Disponível em < <https://www.abit.org.br/cont/dados-comercio-exterior>>. Acessado em 16/04/2020a.
2. SALEM, Vidal. Tingimento Têxtil – Fibras, Conceitos e Tecnologias, Blucher, 2010.
3. MONTIBELLER, L.; LOPO, W. N. Proposta para um processo de preparação e tingimento simultâneo de poliéster com corantes dispersos. Revista Química Têxtil, nº 133, p. 20- 32, 2019.
4. WARDMAN, Roger H. An Introduction to Textile Coloration – Principles and Practice. Editora Wiley, 1ª edição, 2018.
5. SADEGHI-KIAKHANI, Mousa; GHARANJIG, Kamaladin. Study of the influence of Gemini Surfactants on the Dyeing Fastness Properties of Polyester fabrics Using Naphthalimide Dyes. Journal of surfactants and Detergents, vol. 18(1), p. 47-54, 2015.
6. SALEM, Vidal; DE MARCHI, Alessandro; MENEZES, Felipe Gonzalves de. O Beneficiamento Têxtil na Prática, Editora Goldem Química do Brasil, 1 edição, 2005.
7. RODRÍGUES, J. M. F.; FERNANDEZ, J. A. F. Application of the second derivative of the Kubelka-Munk function to the semiquantitative analysis of Roman paintings. Color Research & Application, v. 30, n. 6, p.448-456, 2005.
8. AKHTAR, Zeeshan; KAZMI, Mohib Reza; ALI, Syed Imran; ABASS, Naseem; PARVEEN, Rasheeda. Application of Acid Dyes on Nylon Fabric and Evaluation of Fastness Properties Part III. Journal of the Chemical Society of Pakistan, v. 40(5), p. 898-903, 2018.
9. FERRERO, Franco; PERIOLATTO, Monica; ROVERO, Giorgio; GIANSETTI, Mirco. Alcohol-assisted dyeing processes: a Chemical substitution study. Journal of Cleaner Production, v. 19, p. 1377-1384, 2011.
10. SHAH, C. D.; JAIN, D. K. n-Butanol assisted dyeing of acid dyes on nylon 66. Textile Research Journal, v. 55, p. 99-103, 1985.

11. QUEIRÓS DOMINGUES, M. S.; ROCHA GOMES, J. I. N.; MARTINS, J. A. Dyeing of PA6.6 fibers effect of solvent and temperature on thermal properties. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, v. 74, p. 749-759, 2003.

## EVALUATION OF POLYAMIDE FIBERS DYEING WITH APPLICATION IN THE TEXTILE INDUSTRY USING ALCOHOLIC SOLUTION

### ABSTRACT

*The textile industry is known for using a large amount of inputs in its production process. The increased concern with issues involving environmental conservation leads to the search for production processes that can consume a smaller amount of natural resources. In this context, the present work aims to evaluate the effect of the use of alcoholic solutions in the reduction of the temperature of the dyeing process and in the physical and chemical properties of the mesh. Solutions of ethanol, butanol and phenyl methanol were used in the dyeing. The alcohol concentration in the bath was initially set at 25 g/l, while the final dyeing temperature was 50°C. The dyed samples were compared with the standard sample which in its dyeing contains acetic acid, acid black dye 194 and an equalizing agent. The dyeing process was carried out according to the standard operating procedure performed in the industry, at 100°C. The samples were evaluated by means of attenuated diffuse reflectance spectroscopy, Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD), color fastness assays and scanning electron microscopy (SEM). The results showed that the K/S value for the standard sample was 31.4 at the end of the process. The use of ethanol and butanol reduced the K/S values to 6.9 and 18.2, respectively. The best colorimetric yield was achieved with the use of phenyl methanol presenting a K/S value equal to 28.7 with a dyeing temperature of 50°C. Treatment with the tested alcohols did not lead to the emergence of new bands in the FTIR spectra. The analyzes carried out using the SEM showed that the different dyeing processes tested did not change the physical structure of the polyamide fiber. XRD tests demonstrate that the samples had no change in their interplanar distances. Color fastness results are similar between the standard sample and phenyl methanol. The use of phenyl methanol contributed effectively in reducing the temperature of the dyeing bath without causing significant changes in the chemical and morphological structure of the analyzed fibers.*

**Keywords:** *polyamide, phenyl methanol, dyeing, textile chemistry.*