



Potencial de tingimento de fibras de poliamida com emprego de extrato de folhas de eucalipto

Dyeing potential of polyamide fibers using eucalyptus leaf extract

L. S. Barbosa; S. H. Alves; B. H. S. Felipe; C. R. L. de Aguiar*

Departamento de Engenharia Têxtil/Laboratório de Beneficiamento, Universidade Federal de Santa Catarina, 89036-256, Blumenau-SC, Brasil

**catia.lange@ufsc.br*

(Recebido em 23 de julho de 2025; aceito em 04 de novembro de 2025)

Os substratos têxteis são tingidos com corantes sintéticos que nem sempre são facilmente removidos dos efluentes com os tratamentos convencionais. Considerando esta limitação, os corantes naturais vêm sendo estudados com maior rigor nos últimos anos. Este estudo teve como objetivo avaliar o emprego do extrato aquoso de diferentes folhas de eucalipto no tingimento de malha de poliamida com o emprego de dois biomordentes, leite de soja e suco de limão cravo. O extrato foi obtido de folhas de eucalipto frescas e maduras, secas de forma natural e em estufa, por meio de uma extração em água. O tingimento foi realizado em processo por esgotamento em equipamento de canecos com aquecimento por infravermelho, a 98 °C por 30 minutos. Foram avaliados os resultados obtidos por meio de análise de intensidade colorística, solidez à cor, microscopia eletrônica de varredura e espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier. Os resultados permitiram concluir que as folhas maduras apresentam maior poder tintorial do que as folhas frescas, proporcionando cores intensas de tonalidade marrom. O biomordente de leite de soja com o extrato de folhas maduras também se mostrou eficaz, com K/S de 108,55 e com nota de solidez a lavagem de 4/5 tanto para alteração quanto para transferência, o que indica que é possível aplicar o extrato de folhas de eucalipto como alternativa sustentável no tingimento têxtil.

Palavras-chave: tingimento natural, poliamida, extrato de eucalipto.

Textile substrates are commonly dyed with synthetic dyes, which are not always easily removed from effluents using conventional treatments. Due to this limitation, natural dyes have been investigated more extensively in recent years. This study evaluated the use of aqueous extracts from different eucalyptus leaves in dyeing polyamide knitwear, employing two biomordants: soy milk and lemon juice. The extracts were obtained from fresh and mature eucalyptus leaves, dried both naturally and in an oven, through water-based extraction. Dyeing was carried out using an exhaust process in infrared-heated cup equipment at 98 °C for 30 minutes. The results were assessed through analyses of color intensity and color fastness, as well as by scanning electron microscopy and Fourier transform infrared spectroscopy. Findings indicated that mature leaves exhibited greater dyeing capacity than fresh leaves, producing intense brown shades. The soy milk biomordant combined with mature leaf extract also proved effective, yielding a K/S value of 108.55 and a wash fastness rating of 4/5 for both alteration and transfer. These results demonstrate that eucalyptus leaf extract can be applied as a sustainable alternative in textile dyeing.

Keywords: natural dyeing, polyamide, eucalyptus extract.

1. INTRODUÇÃO

A poliamida é um polímero sintético amplamente utilizado na indústria têxtil devido às suas propriedades mecânicas superiores como alta resistência à tração, elasticidade, leveza e capacidade de absorção de umidade, que conferem conforto e durabilidade às peças produzidas [1]. Sua estrutura química, caracterizada por unidades repetitivas contendo grupos amida (–CONH–), favorece interações específicas com corantes, porém o tingimento eficiente da poliamida com corantes naturais ainda apresenta desafios técnicos relacionados à fixação e à estabilidade da cor [1]. A busca por elementos naturais em processos de tingimento é, portanto, fundamental para ampliar o uso sustentável desses materiais em substituição aos corantes sintéticos convencionais.

Nesse contexto, de acordo com Yadav et al. (2023) [2], os corantes naturais têm ressurgido como alternativas promissoras, motivados pela crescente demanda por soluções ambientalmente

amigáveis e pela redução dos impactos tóxicos associados aos corantes artificiais. Esses pigmentos são extraídos de fontes renováveis, principalmente vegetais, e abrangem diversas classes químicas, como flavonoides, antraquinonas, carotenoides e indigoides, cujas estruturas moleculares influenciam diretamente suas propriedades óticas e sua afinidade com diferentes fibras têxteis [3, 4]. A diversidade química desses compostos permite a obtenção de uma ampla gama de tonalidades, embora a estabilidade e o rendimento ainda sejam limitações a serem superadas. O uso de corantes naturais ecologicamente corretos combinados com biomordentes oferece uma abordagem sustentável para o tingimento têxtil, reduzindo o impacto ambiental, mantendo o desempenho do tingimento e a solidez da cor [4].

A exploração de espécies vegetais abundantes, como o eucalipto (*Eucalyptus* sp.), apresenta uma oportunidade significativa para o desenvolvimento de corantes naturais eficazes e sustentáveis, devido à sua disponibilidade e composição química favorável para extração de pigmentos [2]. Os extratos de eucalipto podem produzir diversos tons de marrom, como o marrom-acinzentado e o marrom-amarelado, dependendo de fatores como a espécie utilizada, a maturidade das folhas, o método de extração, o pH, a fibra e o tipo de mordente aplicado. O potencial tintorial do eucalipto deve-se principalmente à presença de taninos, que podem compor até 11% das folhas e é considerado o componente corante principal, com contribuições secundárias de flavonoides como a quercetina e a rutina [5].

O uso de mordentes é uma etapa importante em tingimentos com corantes naturais, pois eles atuam como agentes fixadores que criam uma ponte química entre a fibra e a molécula do corante, melhorando a absorção e a solidez da cor. Historicamente, mordentes metálicos como o dicromato de potássio e o sulfato de cobre foram amplamente empregados, mas sua toxicidade e o impacto ambiental negativo de seus efluentes impulsionam a busca por alternativas mais seguras e ecológicas. Nesse contexto, os biomordentes, derivados de fontes naturais ricas em taninos, proteínas ou ácidos orgânicos, surgem como uma solução viável. Eles são biodegradáveis, renováveis e, em geral, apresentam baixa toxicidade, alinhando-se aos princípios da química verde na indústria têxtil [6, 7].

Dentre os biomordentes proteicos, a proteína de soja destaca-se como uma alternativa eficaz e de baixo custo. Seu mecanismo de ação reside na capacidade de atuar como uma ponte de ligação, formando um complexo inicial com a fibra durante a etapa de mordentagem. Subsequentemente, no processo de tingimento, as moléculas do corante natural ligam-se a este complexo soja-fibra. Estudos demonstram que esta abordagem aumenta significativamente a afinidade da fibra pelo corante, resultando em maior intensidade de cor (K/S) e em bons a excelentes graus de solidez à lavagem, à fricção e à luz [8, 9].

O suco de limão, uma fonte acessível de ácido cítrico, também tem sido empregado como um biomordente eficaz no tingimento com corantes naturais. A literatura científica reporta sua aplicação bem-sucedida em diversas fibras, incluindo celulósicas como o algodão e sintéticas como a poliamida. Estudos indicam que o desempenho do suco de limão como mordente é dependente do pH do banho, que deve ser ajustado conforme o tipo de fibra para aperfeiçoar os resultados e melhorar as propriedades de solidez [10, 11].

A integração do conhecimento sobre a química dos corantes naturais com as características específicas da poliamida pode contribuir para o avanço de processos de tingimento mais sustentáveis e eficientes, alinhados às exigências ambientais e de mercado. Este estudo teve como objetivo investigar o potencial das folhas de eucalipto como fonte de corante natural para tingimento de tecidos de poliamida, buscando ampliar o entendimento sobre as interações entre pigmentos vegetais e fibras sintéticas, bem como promover alternativas ecológicas para a indústria têxtil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo, foram utilizados os materiais: água, folhas de eucalipto maduras e frescas, leite de soja industrializado, suco natural de limão cravo e amostras de tecido de estrutura meia-malha de 100% poliamida. Os experimentos foram conduzidos com o auxílio dos seguintes equipamentos: balança analítica BL (Shimadzu), máquina de tingimento de canecos HT IR Dyer

TC 2200 (TexControl), estufa (Lucadema), espectrofotômetro DC 500 (Datacolor), Microscópio Eletrônico de Varredura (JEOL), cabine de luz (Plenicor), escala de cinza (TexControl) e Espectrômetro de Infravermelho com Transformada de Fourier (Perkin Elmer), todos pertencentes a Universidade Federal de Santa Catarina, campus de Blumenau.

2.1 Obtenção do extrato de Eucalipto

As folhas de eucalipto, utilizadas neste estudo, foram coletadas na zona rural do município de Apiúna, no estado de Santa Catarina. Foram selecionadas folhas frescas e maduras, que posteriormente foram submetidas a dois métodos distintos de secagem: secagem ao sol e secagem em estufa. Para a secagem ao sol, as folhas permaneceram expostas a luz solar por aproximadamente sete dias. Já as folhas secas em estufa foram submetidas à temperatura controlada de aproximadamente 50 °C, por um período de 2 horas.

Após a secagem, as folhas foram trituradas utilizando um liquidificador, seguido por um moedor de café para obter um pó fino e homogêneo. Após a obtenção do pó, este foi peneirado para a remoção de impurezas maiores e o pó obtido pode ser observado na Figura 1. Para cada tipo de folha (1. fresca sem secagem; 2. Fresca seca em estufa; 3. Madura seca no sol; 4. Madura seca em estufa), 20 g do pó resultante foram utilizados na preparação do extrato aquoso. O processo consistiu em misturar o pó com 500 mL de água, onde a mistura foi levada a ferver, em chapa aquecedora em temperatura controlada de 98 °C, até a redução do volume total para 250 mL. Após o resfriamento, o extrato foi submetido à filtração a vácuo utilizando uma bomba de filtração, com o objetivo de remover os resíduos sólidos do pó.



Figura 1: Pó obtido após trituração das folhas de eucalipto.

2.2 Mordentagem do tecido e tingimento

Amostras do tecido de malha 100% poliamida foram cortadas em tamanhos padronizados com peso de 0,5 g cada. Uma parte destas amostras foi mordentada com suco de limão (puro, sem adição de água, pH 2,2), cuja estrutura molecular do mordente (ácido cítrico) pode ser observada na Figura 2, outra parte foi mordentada com o leite de soja (puro, sem adição de água, pH 6,5) e a terceira parte das amostras foi mantida sem aplicação de mordente. O processo de mordentagem deu-se em relação de banho de 1:10, onde as amostras ficaram submersas em seu respectivo mordente durante 40 minutos em temperatura ambiente. Após esse tempo, as amostras foram espremidas em foulard sob pressão de 2 bar e velocidade dos cilindros de 2 m.min⁻¹. Essas amostras úmidas foram conduzidas a uma estufa de secagem, em temperatura de 40 °C até estarem completamente secas.

O processo de tingimento por esgotamento foi realizado utilizando o extrato aquoso obtido pelos quatro tipos de folhas de eucalipto, sendo elas:

1. Fresca sem secagem,
2. Fresca seca em estufa,
3. Madura seca no sol e
4. Madura seca em estufa.

As amostras de tecido foram tingidas em uma relação de banho de 1:20, sendo colocadas individualmente em canecos contendo 10 mL do extrato aquoso de cada um dos tipos de folhas descritas. O tingimento foi conduzido em uma máquina de canecos com aquecimento por I.R., operando por 30 minutos a uma temperatura controlada de 98 °C. Após o término do processo, os tecidos foram removidos dos canecos, lavados em água corrente, identificados e secos em estufa a uma temperatura de até 50 °C.

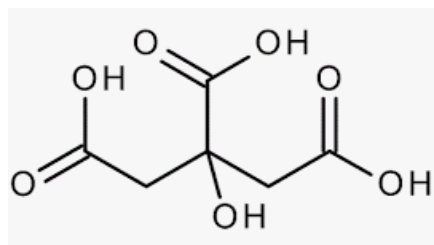


Figura 2: Estrutura molecular do mordente do suco de limão (ácido cítrico). Fonte: Hosen et al. (2021) [12].

2.3 Avaliação da intensidade colorística dos tecidos tingidos

Para analisar a intensidade de cor das amostras após o tingimento com os extratos anteriormente citados, foi empregada a técnica de espectroscopia de reflectância utilizando o espectrofotômetro de reflectância Datacolor® Spectrum 500. As medições foram realizadas no espaço de cores, juntamente com a avaliação do coeficiente de absorção e dispersão (K/S), para quantificar a intensidade da coloração nos diferentes processos. Além disso, foram determinados a força colorística, os desvios de cor ΔL (diferença na luminosidade), Δa (diferença da cor verde – vermelha, sendo (+) mais vermelho e (-) mais verde), Δb (diferença da cor amarela – azul, sendo (+) mais amarela e (-) mais azul) e ΔE (distância cromática total), bem como a força da cor e a variação do K/S, permitindo uma análise detalhada das mudanças cromáticas durante os tratamentos aplicados.

2.4 Caracterização dos tecidos por análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Amostras de tecido de poliamida crua, mordentada com limão e mordentada com leite de soja, foram avaliados por meio da análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV), utilizando o Microscópio Eletrônico de Varredura JEOL NeoScope JCM-7000, pertencente ao Laboratório Multiusuário de Caracterização Avançada (LMCA). As amostras foram observadas em aumento de 500x.

2.5 Análise de Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

Para verificar a presença de elementos oriundos de leite de soja e de limão aderidos ao substrato têxtil, utilizou-se a Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier para examinar a interação de grupos funcionais característicos. As análises foram conduzidas utilizando um Espectrômetro de Infravermelho com Transformada de Fourier no modo ATR (Espectrômetro FT-IR Série CARY 600, Agilent Technologies), com leituras na região de 4000–400 cm^{-1} e resolução de 1 cm^{-1} . Todas as análises foram conduzidas em condições ambientais padrão (55–60% de umidade relativa, 25 ± 1 °C).

2.6 Solidez da cor – solidez à lavagem

O procedimento de solidez à lavagem foi realizado a partir de uma adaptação do ensaio A1S da norma ABNT NBR ISO 105–C06: Solidez da cor à lavagem doméstica comercial. O princípio

deste ensaio consiste em submeter à amostra têxtil ao processo de lavagem em contato com tecido testemunha. Sendo assim, cada amostra tingida foi costurada entre dois tecidos testemunha de composição 100% poliamida, sem presença de branqueador óptico.

O procedimento foi realizado em máquina de tingimento HT IR Dyer TC 2200, onde foram inseridas as amostras e suas respectivas testemunhas, além de 150,0 mL de solução detergente em pó comercial em concentração de 4,0 g.L⁻¹ e 10 esferas de aço para maior atrito e circulação do banho. As amostras foram mantidas sob agitação por 30 minutos em temperatura de 40 °C.

Após o término do procedimento, as amostras foram enxaguadas de forma manual com duas porções distintas de água em temperatura ambiente. Em seguida, foram secas em estufa em temperatura de 60 °C. Por fim, avaliou-se a alteração de cor das amostras e a transferência de cor aos tecidos- testemunha de escala de cinza com base na norma ABNT NBR ISO 105– A04, sendo 1 a nota mínima, que significa grande alteração da cor e 5 a nota máxima, que significa cor inalterada ou ótima solidez.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras tingidas foram submetidas à avaliação de cor e as Tabelas 1 até 4 mostram os resultados obtidos para os substratos tingidos com os diferentes extratos e mordentes. Não são apresentados os dados da amostra crua, pois esta serve de padrão, a qual as demais amostras são comparadas. Somente o valor de K/S é apresentado para esta amostra padrão.

Tabela 1. Dados colorísticos das amostras tingidas com extrato de folhas frescas secas em estufa.

Mordente	ΔL	Δa	Δb	ΔE (CMC)	Força (%)	K/S	Cor
Padrão					100	76,88	
Limão	0,60	0,81	-1,64	1,49	92,72	80,07	
Leite de soja	-2,97	1,26	-1,51	2,16	117,66	75,92	

Analisando os dados apresentados na Tabela 1, é possível afirmar que há pouca variação entre a intensidade colorística (K/S) das amostras tingidas com o extrato de folhas frescas secas em estufa, embora a força colorística da amostra com o mordente de soja é a maior, o que também é reforçado por meio do resultado de delta L negativo, que indica uma cor mais escura. O resultado negativo de delta b para a amostra mordentada com limão indica uma cor mais azulada que o padrão.

Tabela 2. Dados colorísticos das amostras tingidas com extrato de folhas frescas.

Mordente	ΔL	Δa	Δb	ΔE (CMC)	Força (%)	K/S	Cor
Padrão					100	57,12	
Limão	-5,35	1,30	-1,41	2,87	141,68	68,96	
Leite de soja	-5,04	1,17	1,40	2,46	149,57	66,61	

Na Tabela 2 é possível observar que os valores de K/S são baixos para o extrato de folhas de eucalipto frescas em todas as amostras têxteis e que a cor da amostra tratada com limão novamente é mais azulada, indicando uma tendência para este estado da folha de eucalipto. Esse pequeno desvio de cor pode está associado com a interação dos mordentes no tingimento, conforme estudo relacionado [7]. A Tabela 3 traz informações que indicam um potencial tintorial das folhas de

eucalipto secas, com K/S muito superior das amostras tintas com o extrato das folhas frescas. O substrato mordentado com o leite de soja apresentou maior K/S e maior força de cor com maior luminosidade, enquanto o substrato mordentado com limão apresentou resultados inferiores aos da amostra sem tratamento.

Tabela 3. Dados colorísticos das amostras tingidas com extrato de folhas maduras secas em estufa.

Mordente	ΔL	Δa	Δb	ΔE (CMC)	Força (%)	K/S	Cor
Padrão					100	104,61	
Limão	0,76	0,33	0,8	0,79	92,70	90,83	
Leite de soja	-6,01	-0,09	-2,36	2,85	139,10	108,55	

Os resultados apresentados na Tabela 4 seguem uma tendência de maior intensidade de cor quando comparados à Tabela 1 e 2, mas inferiores à Tabela 4, indicando novamente que o extrato de folhas de eucalipto secas em estufa possuem um maior potencial tintorial sobre fibras de poliamida. Neste tingimento, os resultados dos tecidos cru e com mordente de limão tiveram resultados bem semelhantes, enquanto o substrato submetido ao leite de soja novamente apresentou maior força de cor e maior intensidade colorística.

Tabela 4. Dados colorísticos das amostras tingidas com extrato de folhas maduras secas em sol.

Mordente	ΔL	Δa	Δb	ΔE (CMC)	Força (%)	K/S	Cor
Padrão					100	81,75	
Limão	-0,80	1,41	1,29	1,53	107,57	82,50	
Leite de soja	-9,46	1,61	0,28	4,07	188,29	105,88	

Os resultados apresentados nas tabelas indicam que há a possibilidade de empregar o extrato das folhas de eucalipto no tingimento de fibras de poliamida, com e sem aplicação de mordente. Porém, com um olhar mais atento, é possível afirmar que a aplicação do leite de soja sobre a fibra de poliamida potencializa o resultado de cor dos tingimentos e que as folhas de eucalipto maduras e secas em estufa permitem uma extração maior de pigmentos naturais que podem ser utilizados como corante para a fibra em estudo. Esse comportamento pode ser explicado pela considerável diferença entre a composição química das folhas secas e maduras, de acordo com estudo relacionado [13]. Para uma melhor visualização destes resultados, é apresentada a Figura 3, com um gráfico que compara o K/S de todos os tingimentos. Em outro estudo [5] também foram observados bons resultados nas intensidades das cores de tingimento de fibras de lã com folhas de eucalipto maduras secas em sol, principalmente, com a adição de mordente sulfato ferroso.

A Figura 3 mostra que a maior intensidade de cor é obtida após o substrato ser tingido com o extrato de folhas de eucalipto maduras e secas em estufa com o mordente leite de soja. Para Balakrishnan (2024) [4], o uso do leite de soja como mordente para tecidos de seda aumentou a solidez e a absorção do corante extraído do fruto da *Basella alba*. De modo geral, o processo de mordente de proteína de soja demonstra um impacto positivo na tingibilidade do tecido de algodão. É possível que os grupos de nitrogênio presentes na molécula da proteína de soja sejam responsáveis pela sua ligação com o corante.

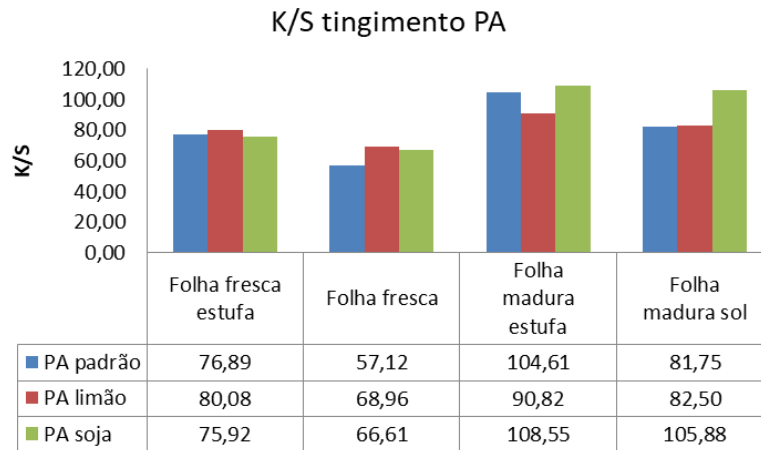


Figura 3: Dados do coeficiente de absorção e dispersão (K/S) das amostras de poliamida tingidas com diferentes mordentes e extratos de folha de eucalipto.

As folhas frescas, com ou sem processo de secagem não possuem bom poder tintorial, indicando baixa concentração de pigmentos em sua estrutura, mesmo quando o substrato é submetido à aplicação de um mordente. Já as folhas maduras, principalmente aquelas secas em ambiente e temperatura controlada apresentam uma intensidade colorística 83% superior às tingidas com as folhas frescas em substrato sem aplicação de mordente. Quando o substrato é tratado com o mordente de leite de soja, essa diferença é de 90% de maior intensidade no substrato tinto com o extrato de folhas secas em estufa, comparado com o substrato tinto, sem aplicação de mordente, com o extrato de folhas frescas. Considerando este resultado, a pesquisa irá sofrer um refinamento para o substrato têxtil tratado com leite de soja e o extrato corante obtido das folhas maduras secas em estufa.

A análise morfológica das amostras avaliadas por MEV permitiu a observação detalhada da superfície das fibras, evidenciando alterações estruturais decorrentes da aplicação dos diferentes mordentes. As imagens obtidas revelam pequenas variações na topografia das fibras, com diferenças entre as amostras tratadas e a amostra padrão (Figura 4), ou seja, a poliamida sem aplicação de mordente.

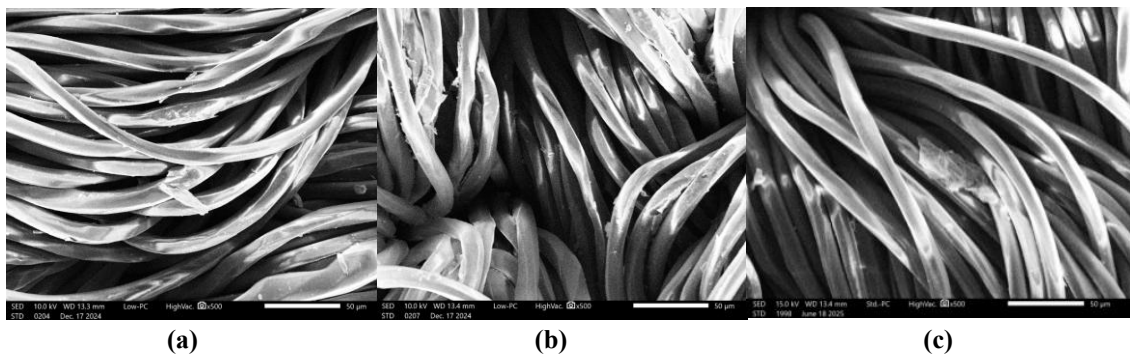


Figura 4: Microscopia eletrônica de varredura das amostras de tecido de poliamida com aumento de 500x; (a) crua, (b) mordentada com leite de soja e (c) mordentada com limão.

Ao avaliar as amostras apresentadas na Figura 4, é possível observar que a fibra de poliamida é lisa, de formato arredondado, característica de fibras sintéticas em forma de filamento contínuo. Comparando os filamentos crus com os tratados com leite de soja, é possível observar uma leve adesão de resíduos, que podem ser oriundos do leite de soja e que possam proporcionar a melhor ligação entre corante e fibra. Um comportamento semelhante foi observado em outro estudo [9] que envolveu o tingimento de fibras de algodão com extrato de folhas de absinto prateado

(*Artemisia argyi* H.Lév. e Vaniot) e leite de soja como mordente. A amostra tratada com limão também apresentou a adesão de compostos, embora sem interação com os corantes, inclusive, na amostra tinta com o extrato obtido das folhas maduras secas em estufa, o resultado de intensidade de cor para esta amostra foi inferior ao tecido sem mordente, sugerindo que a película formada pode ter impedido a adsorção do corante pela fibra. Maiores estudos com este mordente são sugeridos para que essas conclusões possam ser corroboradas.

Foram realizadas avaliações de grupos químicos por FTIR para amostras sem tingimento crua, tratada com leite de soja e tratada com limão. Como o tecido submetido às medições é um substrato poroso e irregular, ele permite a passagem de luz de forma desigual, interferindo nas medidas de transmitância. Os espectros de todas as amostras pré-tratadas (antes do tingimento) apresentaram similaridade significativa, pois esse tipo de análise não determina grupos inorgânicos presentes no substrato, sendo praticamente impossível identificar a presença de mordentes diferentes, conforme observado na Figura 5.

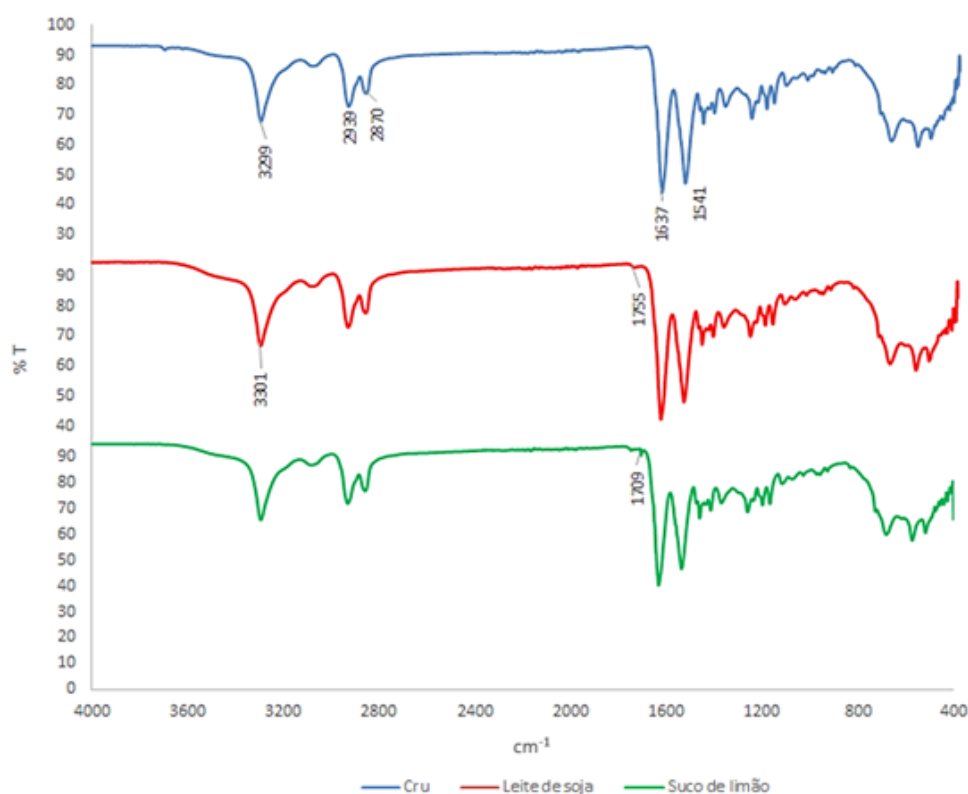


Figura 5: Análise FTIR de pré-tratamentos do substrato de poliamida.

Os resultados obtidos para o FTIR indicam que é possível observar bandas características da poliamida, tais como o grupo amida (N-H) em aproximadamente 3300 cm^{-1} em decorrência das vibrações de estiramento. As bandas da região 2930 cm^{-1} e em 2857 cm^{-1} , associadas às vibrações de estiramento assimétrico e simétrico do grupo CH_2 , respectivamente; e o pico em 1633 cm^{-1} , a banda característica da amida I, decorrentes das vibrações de estiramento da ligação amida-carbonila (C=O) [3]. É possível notar uma diferença no FTIR da poliamida mordentada com leite de soja comparada aos espectros das demais em 1755 cm^{-1} , referente ao grupo C=O , que pode representar a presença de proteínas ou mesmo gorduras. Considerando os resultados de intensidade colorística das amostras tintas mordentadas com o leite de soja, foi possível identificar que essas amostras tiveram uma cor mais intensa, o que pode ser explicado pela presença dos grupos C=O , possivelmente advindas de proteínas, que podem promover uma maior adsorção dos corantes por meio de atração eletrostática com o corante empregado.

Na amostra mordentada com limão observa-se uma banda em 1709, representando também a presença de C=O, que é um grupo funcional comum encontrado em aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres e amidas. No suco de limão, essa banda é atribuída ao ácido cítrico [14].

Uma forma importante de avaliar se um elemento pode ser empregado como um corante têxtil, além de sua tingibilidade, é a permanência sobre o substrato após o tingimento e pós-uso ou lavagem. Para obter esse resultado e compreender se é viável ou não aplicar o corante em estudo, é realizado o ensaio de solidez a lavagem dos substratos tingidos.

A Tabela 5 mostra os resultados de solidez à lavagem no que diz respeito à alteração da cor inicial e transferência de corante para um tecido testemunha. Os resultados são apresentados em nota de escala de cinza.

Tabela 5: Notas de solidez a alteração e transferência de cor das amostras tintas com corante obtido a partir das folhas de eucalipto maduras secas em estufa.

Amostra	Nota de solidez a alteração	Nota de solidez a transferência
Poliamida crua	4	4
Poliamida tratada com suco de limão	3	4
Poliamida tratada com leite de soja	4/5	4/5

Os resultados de solidez apresentados na Tabela 5 indicam que a alteração da cor e a transferência do corante para o tecido testemunha são relativamente baixos, com notas 4 e 4/5, para o tecido cru e tratado com leite de soja, respectivamente, o que não foi obtido para o tecido mordentado com suco de limão, que além de uma intensidade de cor inferior, apresentou uma solidez a alteração inferior, perdendo sua intensidade após a lavagem, confirmando uma adesão fraca do corante à fibra. O leite de soja agiu como um mordente estável, indicando que sua presença proporcionou maior interação entre o corante e a fibra. Em outro estudo [5] foi observado um resultado de solidez a alteração de cor um pouco mais alto (nota 4/5) quando lã ou algodão foram tingidos com extrato de folhas de eucalipto sem mordente, no entanto, o resultado foi menor para ambas as fibras (nota 4) quando foi acrescentado o mordente sulfato ferroso.

4. CONCLUSÃO

Esse estudo comprovou a viabilidade da utilização do extrato de folhas de eucalipto secas em estufa como alternativa de corante natural, bem como do leite de soja como biomordente, em processos de tingimento de fibras de poliamida. A conclusão é obtida a partir dos resultados de intensidade colorística (K/S), que apresenta uma força de cor 39% superior à amostra tingida sem nenhum tratamento prévio. As notas de solidez 4/5 que indicam uma resistência elevada da cor após processos de lavagem. A análise de MEV mostra poucas diferenças entre as amostras tratadas, com exceção da amostra tratada com limão que apresenta um depósito característico sobre a sua superfície. Já o FTIR não indicou respostas conclusivas sobre a adesão de grupos funcionais específicos após tratamento com os biomordentes, apenas ligações de C=O. A investigação contínua de alternativas sustentáveis para os processos químicos têxteis é cada vez mais relevante, tendo em vista os impactos ambientais causados por corantes e auxiliares têxteis sintéticos.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq pela bolsa PIBIC e a Universidade Federal de Santa Catarina pelo apoio recebido, permitindo que seus laboratórios fossem utilizados no andamento da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Samanta AK, Agarwal P. Application of natural dyes on textile. *Indian J Fibre Text Res.* 2009 Dez;34:384-99.
2. Yadav S, Tiwari KS, Gupta C, Tiwari MK, Khan A, Sonkar SP. A brief review on natural dyes, pigments: recent advances and future perspectives. *Results Chem.* 2023 Jan;5:1-17. doi: 10.1016/j.rechem.2022.100733
3. Pranta AD, Rahaman MT. Extraction of eco-friendly natural dyes and biomordants for textile coloration: A critical review. *Nano-Struct Nano-Objects.* 2024 Sep;39:243-55. doi: 10.1016/j.nanoso.2024.101243
4. Balakrishnan S. Silk fabric dyeing with *Basella alba* (Sri Lankan green spinach fruit) natural dyes: Mordant-free dyeing approaches. *Ind Crops Prod.* 2024 Dec;222:337-44. doi: 10.1016/j.indcrop.2024.119337
5. Mongkholrattanasit R, Kryštůfek J, Wiener J, Studničková J. Properties of wool and cotton fabrics dyed with eucalyptus, tannin and flavonoids. *Fibres Text East Eur.* 2011 Feb;85(2):90-5.
6. Samanta P, Awwad N, Algarni HM. A review on application of natural dyes on textile fabrics and its revival strategy. In: Samanta AK, Awwad N, editores. *Chemistry and technology of natural and synthetic dyes and pigments.* Londres: Intechopen; 2020. p. 1-25. doi: 10.5772/intechopen.83199
7. Benli H. Bio-mordants: a review. *Environ Sci Pollut Res.* 2024;31(14):20714-71. doi: 10.1007/s11356-024-32174-8
8. Repon MR, Dev B, Rahman A, Jurkonienė, S, Haji A, Alim A, Kumpikaite E. Textile dyeing using natural mordants and dyes: a review. *Environ Chem Lett.* 2024 Jun;22:1473-1520. doi: 10.1007/s10311-024-01716-4
9. Zhang Y, Zhou Q, Xia W, Rather LJ, Li QL. Sonochemical mordanting as a green and effective approach in enhancing cotton bio natural dye affinity through soy surface modification. *J Clean Prod.* 2022 Feb;336:465-73. doi: 10.1016/j.jclepro.2022.130465
10. Chowdhury TA, Khandaker JI, Gafur MA, Repon R. Biomordant assisted natural dyeing of cellulosic fibre: a greener approach. *Mater Res Innov.* 2025;29:27-34. doi: 10.1080/14328917.2024.2361984
11. Chowdhury TA, Khandaker JI, Gafur MA, Repon R. Bio-colouration of nylon fabric using natural dyes and mordants. *Mater Res Innov.* 2025 Feb;29:108-16. doi: 10.1080/14328917.2024.2386193
12. Hosen D, Rabbi F, Raihan A, Mamun AA. Effect of turmeric dye and biomordants on knitted cotton fabric coloration: A promising alternative to metallic mordanting. *Clean Eng Technol.* 2021 Jul;3:1-11. doi: 10.1016/j.clet.2021.100124
13. Pinto M, Soares C, Pereira R, Rodrigues JA, Fidalgo F, Valente IM. Untargeted metabolomic profiling of fresh and dried leaf extracts of young and mature *Eucalyptus globulus* trees indicates differences in the presence of specialized metabolites. *Front Plant Sci.* 2022 Nov;13:1-18. doi: 10.3389/fpls.2022.986197
14. Mohamed IMA, Khalifa YA, Shaker AM, Nast LAE. Insights into the impact of surfactants on the kinetics of selenium nanoparticles formation via lemon juice-assisted methodology, followed by their antibacterial and antioxidant assessment. *J Mol Liq.* 2024;398:1-17. doi: 10.1016/j.molliq.2024.124241