

TESTAGEM DE ALTERAÇÕES METODOLÓGICAS NA ANÁLISE DO TEOR DE EXTRATIVOS DA MADEIRA DE *Eucalyptus* spp.

Laura da Silva Rocha², Dalton Longue Júnior³

RESUMO

O Brasil é o maior exportador mundial de polpa celulósica kraft branqueada de eucalipto e a qualidade da madeira é influenciada pela sua composição química, incluindo o teor de extrativos, que afeta negativamente o processo de polpação e branqueamento. Este estudo avaliou alterações na metodologia de determinação de extrativos: reaproveitamento do solvente, tempo de secagem do extrativo e tipo de solvente. Foi utilizada serragem de eucalipto submetida a extrações pelo método do balão (referência) e método serragem, utilizando apenas acetona, apenas água e acetona+água (referência); teste do tempo de secagem do extrativo ao ar, estufa por 1 h (referência) e estufa por 2 h, e testes com reuso de acetona por até quatro ciclos. A extração utilizando apenas acetona resultou em menor teor de extrativos, e a combinação de acetona+água no maior valor, para ambos os métodos, indicando cuidado quanto a escolha do método e do solvente. O reuso da acetona apresentou redução significativa no teor de extrativos, pelo método serragem e balão 2 horas, permitindo o reuso sem alterações significativas pelo método balão 1 h. Por fim, o tempo de secagem do balão influenciou significativamente os resultados, com maior teor de extrativos obtido no teste de balão de 1 hora (referência). Esse estudo reforçou a necessidade de controle experimental e padronização mais clara das etapas da análise de extrativos da madeira.

PALAVRAS-CHAVE: Acetona regenerada; Estufa; Padronização; Polpa celulósica; Qualidade; Tempo de secagem.

TESTING OF METHODOLOGICAL CHANGES IN THE ANALYSIS OF EXTRACTIVE CONTENT IN *Eucalyptus* spp. WOOD

ABSTRACT

Brazil is the world's largest exporter of bleached eucalyptus kraft pulp, and wood quality is influenced by its chemical composition, including extractive content, which negatively impacts the pulping and bleaching processes. This study evaluated changes in extractive determination methodology: solvent reuse, extractive drying time, and solvent type. *Eucalyptus* sawdust was subjected to extractions using the flask method (reference) and the sawdust method, applying pure acetone, pure water, and a mixture of acetone+water (reference); test of extractive drying in air, oven for 1 h (reference), and oven for 2 h; and tests with acetone reuse for up to four cycles. Extraction using pure acetone resulted in the lowest extractive content, and the acetone+water combination resulted in the highest, for both methods, indicating caution in the choice of method and solvent. Reusing acetone significantly reduced extractive content using the sawdust and 2-hour flask method, allowing reuse without significant changes using the 1-hour flask method. Finally, the flask drying time significantly influenced the results, with a higher extractive content obtained in the 1-hour flask test (reference). This study reinforced the necessity for experimental control and clearer standardization of the steps in wood extractive analysis.

KEYWORDS: Regenerated acetone; Oven; Standardization; Pulp; Quality; Drying time.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a indústria de árvores cultivadas segue em crescimento, desempenhando um papel crucial na bioeconomia nacional e internacional. O país é um grande produtor de polpa celulósica e maior exportador de polpa branqueada de eucalipto, com uma produção de 24,3 milhões de toneladas em 2023 (IBÁ, 2024).

A avaliação da qualidade da madeira para produção de celulose envolve sua composição química, estrutura anatômica e características físicas de transformação em polpa (GOMIDE et al., 2010). Entre os principais parâmetros analisados estão a densidade básica e o teor de carboidratos, lignina e extrativos (MEDEIROS, 2024).

Na produção da polpa celulósica, os extrativos influenciam negativamente em diversas etapas, podendo reduzir o rendimento da polpação, aumentar o consumo de reagentes, dificultar a deslignificação, causar incrustações e corrosão em equipamentos, reduzir a qualidade da polpa branqueada e alterar a recuperação do licor de cozimento (WASTOWSKI, 2018).

Seguindo a crescente demanda por produtos da madeira e a busca por maior sustentabilidade e eficiência, é essencial adotar técnicas analíticas precisas para caracterização química da madeira de forma mais rápida e precisa (PEREIRA, 2025). No entanto, a metodologia pode ser aprimorada com ajustes em parâmetros como: massa da amostra, tipo e volume do solvente, recipiente, uso de sachês, tempo de extração e equipamento utilizado, fatores que impactam diretamente nos resultados (PEREIRA, 2025; MEDEIROS, 2024; SKOOG et al., 2014).

Diante disso, este trabalho teve como principal objetivo avaliar as alterações na metodologia da análise do teor de extrativos da madeira de eucalipto, como o reaproveitamento de solvente acetona, o tempo de secagem do balão e o tipo de solvente na análise quantitativa dos extrativos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta das amostras

Os cavacos de eucalipto foram coletados em uma empresa de polpa celulósica localizada na região Extremo Sul da Bahia, oriundos de cultivos florestais para fins industriais. Posteriormente, foram levados ao Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais (WoodTech) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), onde foram misturados, quarteados e classificados manualmente para a remoção de cavacos defeituosos, tornando a amostra mais homogênea possível.

Preparo da serragem para análise química

Os cavacos foram transformados em serragem por moinho de facas tipo Willey. Em seguida, a serragem foi peneirada (40–60 mesh), utilizando-se nas análises apenas a fração retida na peneira de 60 mesh, conforme a norma TAPPI 204 cm-17 (2017), referência neste estudo.

Adaptações da metodologia para determinação de extrativos

Para avaliar modificações no método de quantificação dos extrativos, a serragem foi submetida a extrações com três solventes: acetona, acetona+água (referência) e apenas água. As extrações ocorreram em aparelho Soxhlet por cinco horas, com uma etapa complementar de uma hora em água quente (quando necessário), conforme a TAPPI 204 cm-17 (2017).

Na quantificação pelo método do balão, testaram-se três tipos de secagem: ao ar (15 min em dessecador), 1 hora (referência) e 2 horas em estufa. As médias foram comparadas pelo teste de Dunnet a 95% de probabilidade.

Para testar o reuso do solvente acetona, realizou-se uma extração com acetona pura e mais quatro reutilizações do mesmo solvente. As médias também foram comparadas pelo teste de Dunnet a 95% de probabilidade, tendo a acetona pura como referência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A extração com acetona por ambos os métodos resultou em um menor teor de extrativos, enquanto a combinação acetona+água resultou em um maior valor (Figura 1), sendo os resultados pelo método do balão superiores ao método da serragem. O teor extrativo utilizando apenas água apresentou valor intermediário aos outros dois solventes, e o resultado pelo método da serragem foi superior ao método do balão.

Esses resultados indicam a importância de definir adequadamente a escolha do solvente em função da classe de compostos de interesse e o método de pesagem, não sendo possível comparações entre solventes e métodos diferentes.

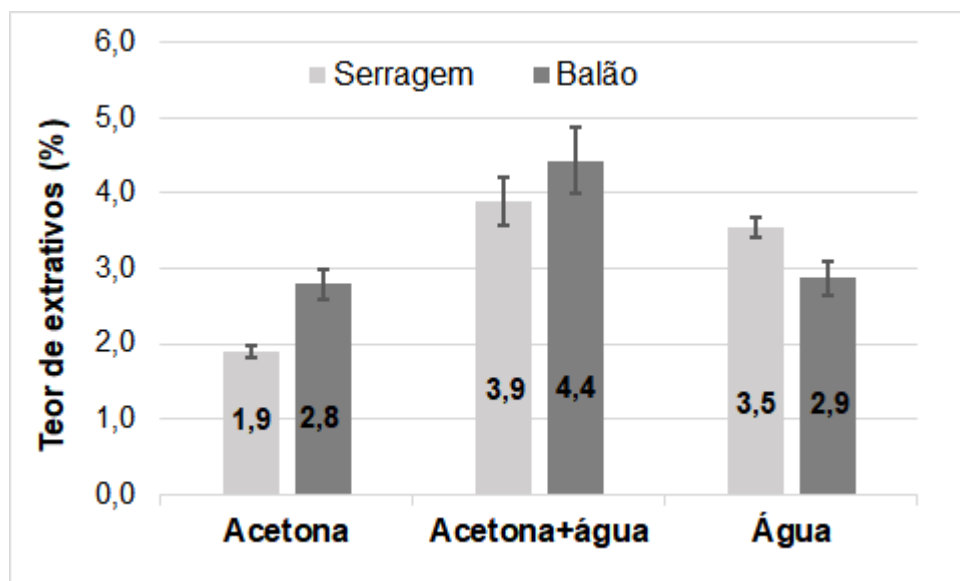


FIGURA 1: Determinação do teor de extrativos da madeira de eucalipto obtido com diferentes solventes (acetona, acetona + água e água) no método serragem e balão.

Os teores de extrativos obtidos a partir do uso da acetona regenerada por até 4 ciclos, visando o reaproveitamento do solvente mostrou que houve diferença significativa em relação a acetona referência, nos métodos de serragem e balão 2 h. Quando utilizado o método do balão por 1 h conforme indica a norma TAPPI, os resultados não apresentaram diferenças significativas (Tabela 1).

TABELA 1: Teores de extrativos após ciclos de reuso de acetona, utilizando o método serragem e balão, com 1 e 2 horas de secagem em estufa

Ciclos	Serragem	Balão 1 h	Balão 2 h
	Teor de extrativos (%)		
1	3,2*	2,9 ^{ns}	2,1*
2	1,7*	2,7 ^{ns}	2,1*
3	1,5*	2,4 ^{ns}	2,0 ^{ns}
4	1,9*	2,3 ^{ns}	2,1*
Acetona (referência)	2,6	2,6	1,9

Médias seguidas de * diferem da referência pelo Teste de Dunnett ao nível 95% de probabilidade.

O teor de extrativos do primeiro ciclo foi superior ao da referência para todos os métodos. Entretanto, a partir do segundo ciclo, o teor de extrativos utilizando o solvente regenerado diminuiu significativamente. De acordo com Carraro & Carvalho (2025) isso ocorre devido à redução no poder de solvência do solvente regenerado.

Isso indica que, dentro os experimentos realizados neste estudo, o reuso de solvente deve ser realizado apenas quando utilizado o método do balão por 1 h na estufa.

Em relação ao tempo de secagem do balão contendo extrativos, o maior teor de extrativos foi observado no tratamento com tempo de secagem em balão de 1 hora (2,9%), conforme determina o método TAPPI. O teor de extrativos utilizando diferentes secagem (ar e 2 horas de estufa) foi significativamente diferente e inferior a referência (Figura 2). Dessa forma, o tempo de secagem do balão influencia na quantificação de extrativos da madeira de eucalipto.

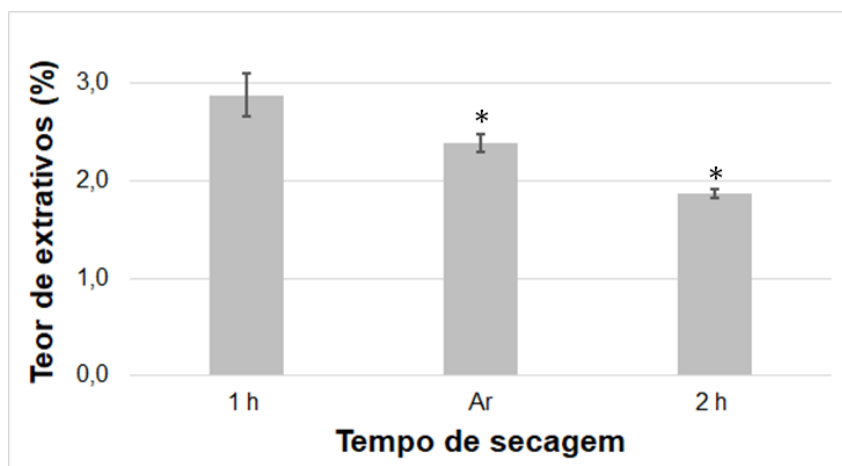


FIGURA 2: Determinação do teor de extrativos em função do tipo de secagem (1 h em estufa, secagem ao ar e 2 h em estufa). Médias seguidas de * diferem da referência pelo Teste de Dunnet ao nível 95% de probabilidade.

CONCLUSÕES/CONSIDERAÇÕES

O teor de extrativos da madeira deve ser cuidadosamente determinado, conforme norma técnica, e as alterações metodológicas que se fizerem necessárias devem ser registradas e utilizadas para futuras comparações, destacando a importância do controle das condições experimentais na quantificação de extrativos da madeira de eucalipto.

Mais estudos sobre alterações metodológicas para determinação do teor de extrativos devem ser realizados visando aumentar a consistência dos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARRARO, L. R.; CARVALHO, O. W. **Avaliação da sustentabilidade na recuperação de acetona no processo produtivo de fibras de acetato de celulose.** 2025. 46 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Paulo, Diadema, 2025.
2. GOMIDE, J. L.; FANTUZZI NETO, H.; REGAZZI, A. J. Análise de critérios de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose kraft. **Revista Árvore**, v. 34, n. 2, p. 339-344, 2010.
3. IBÁ. INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual, ano base 2023.** 2024.
4. MEDEIROS, N. C. G. **Estudo dos extrativos e da casca de eucalipto e seus impactos na indústria de polpa kraft.** 2024. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2024.
5. PEREIRA, N. S. **Determinação dos extrativos da madeira para o monitoramento industrial.** 2025. 41 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Florestal) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2025.
6. SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Principles of instrumental analysis.** 7. ed. Belmont: Cengage Learning, 2014.
7. TAPPI. TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **Normas técnicas. Norma TAPPI T 204 cm-17. Solvent extractives of wood and pulp.** 2017.
8. WASTOWSKI, A. D. **Química da madeira.** 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2018. 566 p.