EXTRATIVOS DA MADEIRA DE *Pinus*, *Eucalyptus* E *Corymbia* EM ETANOL:TOLUENO UTILIZANDO DIFERENTES MÉTODOS

José Pedro Brito Santos[1]; Dalton Longue Júnior[2]; Laura da Silva Rocha[3]; Stéfany Vieria Silva[4]; Natielly Cristine Gomes de Medeiros[5]; Flaviana Reis Milagres[6]

[1] Graduando em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista, BA. E-mail: jps.santos132@gmail.com
[2] Engenheiro Florestal, Professor Titular do Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista, BA. E-mail: dalton@uesb.edu.br
[3] Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista, BA. E-mail: lauraengflorestal@gmail.com
[4] Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista, BA. E-mail: 202310397@uesb.edu.br
[5] Engenheira Florestal, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, *Campus* Alegre, ES. E-mail: natiellymedeiros7@gmail.com
[6] Engenheira Florestal, Klabin S.A, Telêmaco Borba, PR. E-mail: fmilagres@klabin.com.br

RESUMO

Objetivou-se determinar o teor de extrativos da madeira de *Pinus*, *Eucalyptus* e *Corymbia* por meio dos métodos de pesagem da serragem e do balão, utilizando extração simples (etanol:tolueno) e extração dupla (etanol:tolueno seguida de água quente). As amostras foram submetidas à extração em aparelho Soxhlet, e os resultados foram analisados estatisticamente pelos testes F e Tukey (95% de probabilidade). Na extração simples, o método do balão apresentou valores superiores apenas para *Pinus*, enquanto para *Eucalyptus* e *Corymbia* não houve diferença entre os métodos. A extração dupla promoveu aumento dos teores de extrativos para os três gêneros e obteve diferenças entre os métodos de pesagem em todos os tratamentos. Nesse sentido, os métodos de determinação não devem ser comparados diretamente e a extração dupla aumenta o teor de extrativos, sendo necessários estudos para identificar os compostos extraídos e sua influência nos processos industriais.

Palavras-chave: Quantificação; Qualidade; Química da madeira.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, espécies como *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp. são amplamente utilizadas para diversos fins, um deles sendo a produção de polpa celulósica. Dados relacionados a isso, trazem que o país exportou cerca de 18,6 milhões de toneladas apenas no ano de 2024, tornando o Brasil o maior exportador de celulose no mundo. Porém, além dessas espécies já consolidadas, estudos têm sido desenvolvidos sobre

a utilização do *Corymbia* sp. como alternativa para os outros gêneros, com o objetivo de ampliar e diversificar a matriz deste produto (REIS et al., 2014).

A composição química é uma das propriedades tecnológicas da madeira que merece grande destaque na indústria de celulose e papel. O teor de extrativos em específico, podem ocasionar diversos problemas operacionais e no produto final, como incrustações em equipamentos, redução na eficiência do processo e impurezas e sujidades, por contribuir na formação de substâncias hidrofóbicas (DOU et al., 2023).

Atualmente, a determinação do teor de extrativos é realizada, de forma convencional, com base na norma TAPPI T 204 cm-17 (2017). Entretanto, alguns parâmetros operacionais não são especificados pela norma, resultando em diferentes adaptações metodológicas entre laboratórios e dificultando a padronização das análises e a comparação dos resultados obtidos. Dessa forma, a definição de variáveis como método de pesagem, tipo de solvente e tipo de extração tornam-se fundamentais para aumentar a precisão e diminuir o tempo de respostas nos processos industriais.

Sendo assim, o objetivo do trabalho foi determinar o teor de extrativos da madeira dos gêneros *Pinus* sp., *Eucalyptus* sp. e *Corymbia* sp. pelo método da serragem e balão, combinando extração simples (etanol:tolueno) e extração dupla (etanol:tolueno e posteriormente água quente).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local de estudo e materiais utilizados

Os cavacos utilizados nas análises foram provenientes de diferentes regiões e indústrias do Brasil. Os gêneros *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp. foram obtidos, respectivamente, de fábricas de polpa celulósica localizada no extremo sul da Bahia e região dos Campos Gerais no Paraná. O material de *Corymbia* sp. foi obtido em plantios comerciais destinados a produção de carvão vegetal, localizados na região de Alagoinhas, Bahia. Todo material foi transportado ao Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais (*Woodtech*), onde também foram feitas todas as análises laboratoriais.

A serragem foi produzida utilizando moinho de facas de tipo Willey. Sendo classificada em peneiras de 40-60 mesh, onde a fração utilizada para as análises foram apenas as retidas na peneira de 60 mesh.

2.2 Determinação do teor de extrativos por diferentes métodos de pesagem

Para a determinação do teor de extrativos presentes nas madeiras dos diferentes gêneros comerciais, foram pesadas aproximadamente 2,2000 g de serragem da fração aceita na peneira de 60 mesh. Em seguida, em aparelho do tipo Soxhlet, as amostras foram submetidas à extração por cinco horas, utilizando 150 mL de etanol:tolueno (1:2), conforme a norma TAPPI 204 cm-17 (2017). Posteriormente, as amostras foram submetidas à extração em 200 mL de água deionizada quente por uma hora (para extração dupla).

Para a metodologia do balão, o teor de extrativos foi determinado a partir da massa de extrativos residual depositada no balão após o processo de extração. Inicialmente, o balão vazio foi pesado. Após a extração, o solvente foi evaporado em estufa a 105 ± 2 °C durante uma hora, sendo o balão novamente pesado. O teor de extrativos foi calculado pela diferença entre as massas final e inicial do balão.

No método da serragem, o teor de extrativos foi obtido pela diferença entre a massa da amostra antes e após a extração, sendo calculado a partir da perda de massa ocasionada pela remoção dos compostos extraíveis.

2.3 Análise estatística

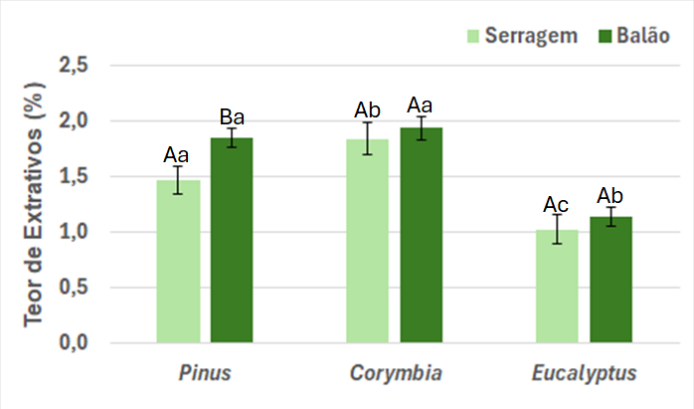
A análise estatística dos dados foi realizada por meio do teste de Tukey, a 95% de probabilidade, para comparação das médias dos teores de extrativos entre os diferentes gêneros avaliados no mesmo método de pesagem.

Por outro lado, para comparação dos diferentes métodos de determinação do teor de extrativos dentro de cada gênero, foi aplicado o teste F, a 95% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* PAST versão 4.02.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na extração simples (etanol:tolueno), o balão obteve resultados estatisticamente maiores apenas para o *Pinus* sp. que apresentou valor de 1,8%, comparado a 1,47% do método da serragem. Já para os outros gêneros, o valor para o método da serragem foi de 1,84% para *Corymbia* sp. e de 1,02% para *Eucalyptus* sp., sendo estatisticamente iguais ao método do balão, que apresentou valores de 1,9% para *Corymbia* sp. e 1,1% para *Eucalyptus* sp.

Entre os gêneros, no método da serragem, todos foram estatisticamente diferentes, porém, no método do balão, *Pinus* sp. e *Corymbia* sp. obtiveram igualdade estatística (FIGURA 1).



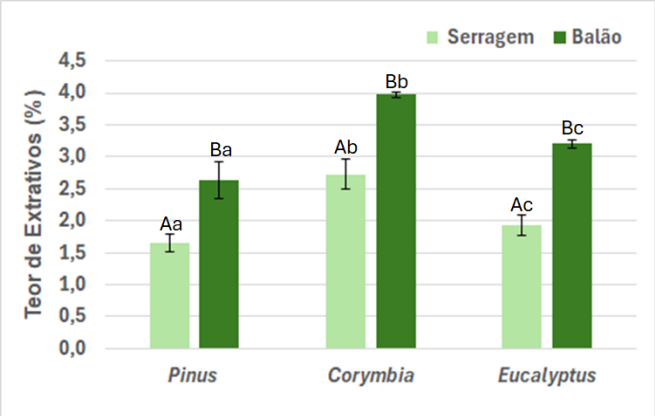
Letras maiúsculas idênticas significam igualdade estatísticas entre os métodos de pesagem, pelo teste F a 95% de probabilidade.
Letras minúsculas idênticas significam igualdade estatística entre os diferentes gêneros, pelo teste Tukey a 95% de probabilidade.

FIGURA 1 - Teor de extrativos em etanol:tolueno (%) para os diferentes métodos (serragem e balão)

Para os três gêneros avaliados, a extração dupla (etanol:tolueno e posterior água quente), promoveu aumento significativo dos teores de extrativos em relação à extração simples. Ainda, foi observado diferença estatística em todos os tratamentos entre os diferentes métodos de pesagem no mesmo gênero e, entre os gêneros, diferença dentro do mesmo método de pesagem. (FIGURA 2).

A combinação da água presente na madeira com os solventes acetona e etanol:tolueno pode ter contribuído para o aumento dos teores obtidos, devido à interação entre diferentes polaridades. Essa condição favorece a solubilização de uma maior diversidade de compostos químicos, resultando em maiores valores de extrativos totais.

É importante ressaltar que, teores mais elevados não necessariamente indicam maior extração de compostos diretamente relacionados aos problemas operacionais industriais, como os compostos lipofílicos associados à formação de *pitch*. Resultados semelhantes foram relatados por Pereira (2025) e Silva (2025), ao avaliar a influência da extração dupla com água quente em eucalipto, observaram maiores percentuais de extração em comparação a simples.



Letras maiúsculas idênticas significam igualdade estatísticas entre os métodos de pesagem, pelo teste F a 95% de probabilidade.
Letras minúsculas idênticas significam igualdade estatística entre os diferentes gêneros, pelo teste Tukey a 95% de probabilidade.

FIGURA 2 - Teor de extrativos em etanol:tolueno + água (%) para os diferentes métodos (serragem e balão) e diferentes gêneros (*Pinus*, *Eucalyptus* e *Corymbia*).

4. CONCLUSÃO

Existe diferença entre os métodos de pesagem utilizados para a determinação dos extrativos da madeira, dessa forma, não é recomendado a comparação direta entre eles. A extração dupla promoveu aumento dos teores de extrativos em relação à extração simples para os três gêneros estudados, sendo necessário estudos para avaliação desses compostos e seu real impacto no processo industrial.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOU, J., NIEMELÄ, K., HAATAINEN, T., TERVOLA, P., & VEHMAA, J. Investigation of pitch deposits throughout the fiber line of softwood pulp mills. **Journal of Cleaner Production**, 2023.

PEREIRA, N. **Determinação dos extrativos da madeira para o monitoramento industrial**. Vitória da Conquista-BA: UESB, 2025, 41 p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

REIS, C. A. F.; ASSIS, T. F.; SANTOS, A. M.; PALUDZYSZYN FILHO, E. *Corymbia torelliana*: estado da arte de pesquisas no Brasil. **Embrapa Florestas**, Colombo, 2014.

SILVA, B. F. **Estudo da metodologia de determinação do teor de extrativos da madeira de eucalipto**. Vitória da Conquista-BA: UESB, 2025, 44 p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY – TAPPI. Normas técnicas. Norma TAPPI T 204 cm-17. **Solvent Extractives of Wood and Pulp**. 2017.