

AVALIAÇÃO DA DUREZA JANKA DE DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS DE RÁPIDO CRESCIMENTO TRATADAS COM BIODIESEL

ANDRÉ TREMPER MINASI¹; HENRIQUE VAHL RIBEIRO²; MAURÍCIO ALVES RAMOS³; BRUNO NUNES DA ROSA⁴; CLÁUDIO MARTIN PEREIRA DE PEREIRA⁵; RAFAEL BELTRAME⁶.

¹Universidade Federal de Pelotas – UFPel - andreminasi@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas - UFPel - henrique.vahl.ribeiro@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas - UFPel - mauricioaramos@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – UFPel - brunondrosa@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – UFPel - claudiochemistry@gmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas – UFPel - beltrame.rafael@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

As preocupações ambientais vêm aumentando nos últimos anos em função das mudanças climáticas, e com isso há uma crescente demanda por tecnologias que possam ser mais amigáveis ao meio ambiente (FLORINDO *et al.*, 2022). Atualmente, as pesquisas na área de modificação da madeira têm se concentrado na utilização de modificadores ecologicamente sustentáveis, como extratos vegetais, ceras, óleos vegetais e taninos, contribuindo para processos mais seguros e sustentáveis (WEI *et al.*, 2022).

O biodiesel é um composto biodegradável e renovável, derivado de óleos vegetais e gorduras animais, obtido por meio da transesterificação de triglicerídeos ou pela esterificação de ácidos graxos, processos químicos que geram mono-alquil-ésteres de ácidos graxos de cadeia longa (biodiesel). Por sua origem renovável e caráter biodegradável, o biodiesel apresenta diversas vantagens (ANHESINE *et al.*, 2022). No entanto, devido ao alto custo desses materiais, a utilização de óleos residuais de fritura (ORF) é como alternativa de menor valor agregado no processo de produção do biodiesel.

A madeira como um material versátil, sustentável e com características únicas, a tornam ideal para diversas aplicações. Sua combinação de baixo consumo de energia, alta resistência, propriedades isolantes e facilidade de trabalho a coloca como uma excelente opção para a construção civil, a produção de móveis e diversos outros setores.

No entanto, a exploração excessiva das florestas nativas no passado reduziu drasticamente a disponibilidade de madeiras nobres, elevando seus custos e impulsionando o plantio de espécies exóticas de rápido crescimento, como *Eucalyptus* e *Pinus*, para atender à demanda do mercado (PERTUZZATTI, 2018). Por outro lado, as madeiras de pinus e eucalipto, especialmente as cultivadas em países tropicais como o Brasil, apresentam uma fragilidade mecânica quando comprada com outras espécies nativas. Essa fragilidade compromete a resistência e durabilidade do material, devido ao uso prematuro das florestas, (ACOSTA *et al.* 2020). Com base nesses aspectos, tratamentos alternativos aos métodos tradicionais têm sido amplamente investigados, buscando aprimorar as propriedades da madeira.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo a produção do biodiesel como potencial agente de tratamento alternativo para a madeira, visando melhorar as propriedades das madeiras.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira do curso de Engenharia Industrial Madeireira da Universidade Federal de Pelotas – UFPel, onde ocorreu a produção do biodiesel impregnante, o preparo das amostras e realização dos ensaios de dureza Janka.

O processo de produção do biodiesel se deu por transesterificação do ORF, conforme processo simplificado proposto por Neto *et al.* (2020). O óleo utilizado é proveniente do Restaurante Universitário da Universidade Federal de Pelotas - Campus Capão do Leão/RS. Para preparação do biodiesel foi utilizado como álcool primário o metanol (CH₃OH) e como catalizador o hidróxido de potássio (KOH). O ORF é inicialmente filtrado para remoção de impurezas sedimentadas ou em suspensão, enquanto em um becker, sob agitação magnética, é preparado o metóxido de potássio (KOMe). Em um liquidificador, são adicionados o KOMe e o ORF, sendo colocados em agitação por 20 minutos para realização do processo de transesterificação. No processo é utilizado metanol em excesso, como forma de garantir a conversão de todo o óleo em biodiesel, sendo o excesso de metanol removido na etapa seguinte, via rotaevaporação. A última etapa na produção do biodiesel é a separação das fases em funil separador, onde a parcela inferior é o glicerol e a superior biodiesel, sendo a mistura deixada em repouso por um período de 24 horas, até a completa separação entre as fases. Por fim, as fases são extraídas e acondicionadas em frascos para uso posterior.

Para este estudo foram utilizadas as espécies *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis*, ambas com aproximadamente 22 anos de idade, provenientes de um plantio comercial, sendo confeccionados 14 corpos de prova, sendo sete para cada espécie, com dimensões de 25 x 25 x 100 mm (radial x tangencial x longitudinal) para o ensaio de dureza Janka, conforme a norma ASTM D143 (ASTM, 2022).

O processo de impregnação foi realizado em uma autoclave horizontal de pequeno porte, com sistema de vácuo e pressão, também chamado de célula cheia ou Processo Bethell modificado, o qual visa substituir a maior quantidade possível de ar dentro das células da madeira por uma solução impregnante. Para retirar o ar do interior da autoclave e da madeira, utilizou-se uma bomba de vácuo, a qual aplicou uma pressão de -0,8 kgf/cm² durante 20 minutos.

Após, a solução de biodiesel foi inserida no sistema por meio de diferença de pressão, preenchendo totalmente a volume interno. Em seguida, com o auxílio de um compressor, aplicou-se pressão de 8,0 kgf/cm² durante 90 minutos. Finalizada a impregnação, a autoclave foi descomprimida e removeu-se o biodiesel superficial das amostras, afim de realizar as medições e pesagem destas. As amostras foram deixadas escorrendo ao ar livre, durante 24 horas, e por fim foram alocadas em câmara climatizada a 20°C de temperatura e 65% de umidade relativa. As amostras foram pesadas periodicamente até a verificação de não variação de massa, condição considerada de estabilidade mássica.

O ganho de massa da madeira impregnada com biodiesel foi determinado por meio de pesagem das amostras antes e depois do processo de impregnação.

O ensaio mecânico dureza Janka foi realizado em uma máquina universal de ensaios mecânicos (EMIC) com capacidade de carga de 300kN, de acordo com o procedimento técnico descrito pela norma ASTM D143 (ASTM, 2022), cuja velocidade de ensaio é definida em 6,0 mm/min.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento com biodiesel contribuiu para um aumento expressivo dessa propriedade em ambas as espécies, com incrementos de 47,31% no *Pinus* e 20,07% no *Eucalyptus* em relação aos respectivos grupos controle. Entre as duas madeiras, o *Pinus elliottii* destacou-se por apresentar o maior ganho de massa, o que pode ser atribuído à sua menor massa específica e, conseqüentemente, à maior porosidade, que facilita o preenchimento dos espaços vazios. Esse aumento de massa reflete diretamente na densidade da madeira, uma vez que os vazios são preenchidos com materiais hidrofóbicos durante o processo de impregnação (BAAR *et al.* 2021).

A baixa eficiência da impregnação na madeira de *Eucalyptus grandis*, pode ser explicada por suas particularidades anatômica, como a presença de fibras finas e curtas, com lúmens reduzidos, dificulta a penetração do produto de tratamento. Esse menor ganho de massa, comparado com o *Pinus*, também foi constatado por Acosta *et al.*, (2021) o qual utilizou resina para impregnar as espécies de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis* por polimerização *in situ*, visando melhorar suas propriedades.

Liu *et al.* (2020) e He *et al.* (2019) observaram efeitos similares em amostras tratadas com óleos diversos, resultando em ganhos significativos de massa. Resultados semelhantes foram reportados por Wei *et al.* (2022), reforçando a eficácia da impregnação com substâncias hidrofóbicas no aumento da densidade das madeiras.

Os resultados do ensaio de dureza Janka indicam que as madeiras de *Pinus* e *Eucalyptus* apresentaram aumentos significativos nos valores de resistência à penetração, com incrementos de 21,70% para *Pinus* e 22,09% para *Eucalyptus* em comparação ao grupo controle. Esses resultados também foram observados nos estudos de Laine *et al.* (2016) e Fang *et al.* (2012), que indicam que o aumento da dureza da madeira durante o processo de densificação está diretamente relacionado à redução da porosidade. Além disso, como observado por Ucuncu *et al.* (2017), a densificação torna possível o uso de madeiras provenientes de árvores de rápido crescimento e baixa densidade em aplicações que exigem elevadas propriedades mecânicas, promovendo a sustentabilidade na produção industrial.

4. CONCLUSÕES

O estudo demonstrou que a impregnação da madeira de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis* com biodiesel de óleo residual de fritura é uma técnica promissora para melhorar da densidade e dureza destes materiais. O tratamento resultou em um significativo ganho de massa e um aumento da dureza, conferindo à madeira características mais desejáveis para diversas aplicações, com destaque para a madeira de pinus.

Além disso, o biodiesel, ao ser produzido a partir de óleo residual de fritura, contribui para a redução de resíduos e a diminuição do impacto ambiental, tornando essa alternativa ainda mais atrativa. Os resultados obtidos indicam que o biodiesel pode ser uma alternativa viável aos tratamentos convencionais da madeira, abrindo novas perspectivas para a utilização desse recurso de forma mais sustentável.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, A.P.; SCHULZ, H.R.; BARBOSA, K.T. *et al.* Dimensional stability and colour responses of *Pinus elliottii* wood subjected to furfurylation treatments. **Maderas Ciencia y Tecnología**. 2020.

ACOSTA, A. P.; DELUCIS, R.; AMICO, S.C.; GATTO, D. A. Fast-growing pine wood modified by a two-step treatment based on heating and in situ polymerization of polystyrene. **Construction and Building Materials**, 302, 124422, 2021.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D143-22**: Standard methods of testing small clear specimens of timber. West Conshohocken: ASTM, 2022.

ANHESINE, M.W. *et al.* Utilização da cinza do bagaço de cana de açúcar no processo de purificação do biodiesel produzido a partir de óleos e gorduras residuais. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, p. 13720-13745, 2022.

BAAR, J.; BRABEC, M.; SLÁVIK, R.; ČERMÁK, P. Effect of hem oil impregnation and thermal modification on European beech wood properties, **European Journal of Wood and Wood Products** 79, 161-175, 2021.

FANG, C.H.; CLOUTIER, A.; BLANCHET, P.; KOUBAA, A. Densification of wood veneers combined with oil-heat treatment. Part II: Hygroscopicity and mechanical properties. **BioResources**, Nova York, v. 7, n. 1, p. 925-935, 2012.

FLORINDO, D.N.F. *et al.* Revisão sistemática da literatura: Produção de biodiesel a partir de óleo residual de fritura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, 2022.

LAINÉ, K.; SEGERHOLM, K.; WÄLINDER, M.; RAUTKARI, L.; HUGHES, M. Wood densification and thermal modification: hardness, set-recovery and micromorphology. **Wood Science and Technology**, Joensuu, p. 1-12, 2016.

LIU, M.; TU, X.; LIU, X.; WU, Z.; LV, J.; VARODI, A. M. (2020). A comparative study on the effects of linseed oil and shellac treatment on the hygroscopicity, dimensional stability and color changes of Chinese ash wood, **BioResources** 15(4), 8085-8092, 2020.

NETO, S.P.M.; TELES, R.F.; RODRIGUES, T.O.; VALE, A.T.; SOUZA, M.R. OLIVEIRA, J. D. C. **Produção de Biodiesel a partir de diferentes fontes de óleos**, 2020.

PERTUZZATTI, A. **Propriedade tecnológicas da madeira de densificada de eucaliptos submetida ao tratamento em óleo vegetal**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

WEI, X.; SUN, F.; LIN, J. Impregnação em madeira de choupo com óleos vegetais: efeito nas propriedades de estabilidade física, mecânica e dimensional. **Wood Research** 67(5), 760-772, 2022.