

INCORPORAÇÃO DE LIGNINA EM RESINA FOTOPOLIMERIZÁVEL: APLICAÇÃO EM IMPRESSÃO 3D

OTÁVIO SCHMALFUSS ESPÍNDOLA; ALICE GONÇALVES OSÓRIO; RUBENS CAMARATTA; GABRIEL ALMEIDA DOS SANTOS FERNANDO MACHADO MACHADO;

Universidade Federal de Pelotas – otavioschmalfuss@gmail.com

Universidade Federal de Pelotas – rubenscamaratta@yahoo.com.br

Universidade Federal de Pelotas – osorio.alice@gmail.com

Universidade Federal de Pelotas – gabriel28868@gmail.com

Universidade Federal de Pelotas – fernando.machado.machado80@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o uso de impressoras 3D tem revolucionado diversos setores da indústria, permitindo a fabricação de objetos complexos com alta precisão e a utilização de diferentes tipos de materiais. A tecnologia de impressão 3D, especialmente o método de estereolitografia, permite a criação de peças detalhadas a partir de resinas fotopolimerizáveis. Contudo, a busca por materiais mais sustentáveis e ecológicos tem impulsionado pesquisas para substituir parcialmente componentes sintéticos por fontes naturais, como a lignina. A lignina, um biopolímero amplamente disponível como subproduto da indústria de papel e celulose, apresenta potencial para ser misturada com resinas, criando materiais inovadores para impressão (Ebers *et al.*, 2021).

A mistura de lignina com resinas fotopolimerizáveis apresenta desafios técnicos, como a compatibilidade dos materiais e a manutenção das propriedades mecânicas e fotoativas da resina. Em estudos da literatura recente, têm demonstrado que é possível incorporar lignina em resinas para impressão 3D, oferecendo uma alternativa mais sustentável sem comprometer a qualidade do produto final. Esta abordagem é promissora no contexto de materiais renováveis para a indústria de manufatura aditiva (Sutton *et al.*, 2018).

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade da impressão 3D utilizando resinas fotopolimerizáveis misturadas com lignina, analisando a sua qualidade através das peças impressas. A pesquisa busca contribuir para o desenvolvimento de novos materiais sustentáveis que possam ser aplicados em processos de manufatura aditiva.

2. METODOLOGIA

Para realizar os experimentos, utilizou-se uma impressora 3D do modelo *Halot Creality One*, que opera por estereolitografia (SLA), um método amplamente utilizado em impressão 3D devido à sua capacidade de produzir peças com alta resolução e complexidade. O primeiro passo da metodologia envolveu a impressão de cinco corpos de prova em formato de gravata, comumente usados em ensaios de tração, utilizando apenas resina fotopolimerizável padrão. Este procedimento foi realizado para analisar o comportamento mecânico da resina pura, permitindo a obtenção de um parâmetro de referência para comparação posterior com as amostras que conteriam lignina.

Após a impressão das amostras iniciais, foi feita a adição de lignina à resina fotopolimerizável. A escolha da quantidade de lignina foi baseada na proporção de

10% do volume total de resina utilizado para cada impressão (50 mL), resultando em uma adição de 5 mL de lignina. Essa proporção foi escolhida com base em estudos anteriores, como o trabalho de Sutton *et al.*, que demonstra a viabilidade da incorporação de lignina em resinas fotopolimerizáveis.

A mistura foi homogeneizada manualmente, garantindo a dispersão total da lignina na resina, processo essencial para assegurar a uniformidade das propriedades mecânicas e fotoativas do material impresso. As amostras foram então impressas sob as mesmas condições utilizadas para as amostras sem lignina, a fim de manter a consistência nos parâmetros de impressão.

Devido à indisponibilidade de equipamento para ensaio de tração, as amostras foram rompidas manualmente para obtermos uma ideia qualitativa sobre a fragilidade ou não das amostras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Até o momento, as impressões realizadas tanto com resina fotopolimerizável pura como com a resina misturada com celulose demonstraram resultados positivos, apresentando uma qualidade de impressão impecável que segue padrões das gravatas feitas em processos tradicionais de injeção (Figura 1). Essas amostras mostraram uma resistência leve quando submetidas a forças manuais, indicando que a resina utilizada possui características mecânicas adequadas para aplicações que requerem leveza e robustez.



Figura 1.: Comparação das amostras com e sem lignina.

As peças de resina com lignina apresentaram um aspecto levemente opaco e mostraram porosidades em várias áreas, além de segregação de lignina, que se tornou evidente principalmente na região central das gravatas (Figura 2). Essa segregação resultou em fragilidade significativa nessa área, permitindo que as amostras fossem quebradas com um mínimo de esforço.

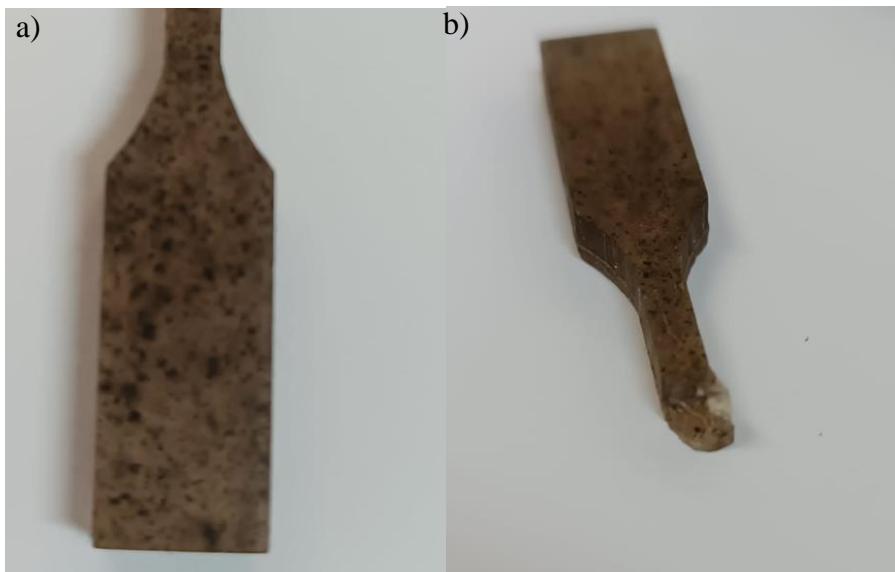


Figura 2: a) Amostra com lignina onde se pode ver as regiões segregadas de lignina. B) Amostra com lignina rompida devido à pequenas porosidades.

Esses resultados indicam que, embora a incorporação de lignina na resina possa oferecer um caminho promissor para o desenvolvimento de materiais sustentáveis, a distribuição homogênea e a compatibilidade entre os componentes devem ser cuidadosamente otimizadas para garantir a integridade mecânica das peças impressas.

De acordo com os achados na literatura com base no estudo de Sutton *et al.*, a variabilidade na qualidade das impressões pode ser atribuída à dificuldade em obter uma mistura uniforme entre a lignina e a resina, o que afeta diretamente as propriedades finais do material. A análise desses aspectos é fundamental para futuras investigações que busquem melhorar as propriedades dos materiais resultantes da combinação de lignina e resina fotopolimerizável.

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho inova ao explorar a incorporação de lignina em resinas fotopolimerizáveis para impressão 3D, contribuindo para a busca de materiais mais sustentáveis no contexto da manufatura aditiva. Ao investigar a viabilidade dessa mistura, foram identificadas as principais dificuldades relacionadas à homogeneidade e à integridade mecânica das impressões resultantes. A pesquisa destaca a importância de otimizar a distribuição da lignina na resina, visando preservar as propriedades desejadas das peças impressas. Além disso, o trabalho propõe uma base para futuras investigações que poderão aprimorar o uso de lignina em resinas, buscando desenvolver materiais que unam a sustentabilidade com a eficiência mecânica, um objetivo cada vez mais relevante na indústria atual. Novos trabalhos devem ser realizados visando otimizar a homogeneidade da resina com lignina, com caracterizações mecânicas para obtenção dos valores de resistência e módulo de elasticidade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MONILE LAB. **Resina 3D: o que é, para que serve, tipos e como escolher.** 31 jan 2023. Acessado em 26 set 2024. Disponível em: <https://monile.io/resina-3d/>.

EBERS, L.-S. *et al.* <sc>3D</sc> printing of lignin: Challenges, opportunities and roads onward. **Biopolymers**, [s. l.], v. 112, n. 6, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bip.23431>.

SUTTON, Jordan T. *et al.* Lignin-Containing Photoactive Resins for 3D Printing by Stereolithography. **ACS Applied Materials & Interfaces**, [s. l.], v. 10, n. 42, p. 36456–36463, 2018. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsami.8b13031>.

WAN, Zhouyuanye *et al.* Recent advances in lignin-based 3D printing materials: A mini-review. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 253, p. 126660, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141813023035572>.