

PROSPECÇÃO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DO ARROZ PARA APLICAÇÃO NA IMPRESSÃO 3D DE SUPORTES FOTOCATALÍTICOS

LAONE HELLWIG NEITZEL¹;
MATEUS MENEGHETTI FERRER²; ANDRÉ RICARDO FAJARDO³

¹Universidade Federal de Pelotas – laoneneitzel@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – mateusmferrer@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – andre.fajardo@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

De acordo com estatísticas da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, a produção mundial de arroz se aproxima da casa dos oitocentos milhões de toneladas anuais (FAO, 2025). Mais de vinte por cento da massa do grão de arroz é correspondente à casca (ISHIDA *et al.*, 2025), resultando, portanto, em mais de cento e cinquenta milhões de toneladas anuais. O principal destino das cascas de arroz é a queima, direta ou para geração de energia, resultando em quase trinta milhões de toneladas anuais de cinzas, um resíduo de difícil destinação, em razão do seu alto conteúdo de sílica (TAYEH *et al.*, 2021; KARAM *et al.* 2022; SHUKLA *et al.*, 2022).

Estudos recentes (NIDA *et al.*, 2021; HOSSAIN *et al.*, 2022) têm explorado o emprego desse tipo de resíduo na técnica de impressão 3D, também conhecida como manufatura aditiva, que consiste na produção de objetos físicos, a partir de representações geométricas criadas por desenho assistido por computador (CAD), pela adição contínua de materiais, camada por camada (PANDIAN *et al.*, 2024; XU, 2024). Além de permitir uma customização de design sem precedentes, a impressão 3D se constitui em uma tecnologia sustentável, minimizando o consumo de recursos (inclusive energéticos) e a geração de resíduos, encontrando, por isso, aplicação nos mais diversos setores, tais como, automotivo, saúde, construção, eletrônicos, entre outros (JENA; MISHRA; MOHARANA, 2024).

O reaproveitamento dos resíduos da indústria do arroz, considerando critérios de eficiência energética e aplicação em operações de remediação ambiental, inclusive em efluentes da própria indústria do arroz, representa uma abordagem de circularidade, condizente, também, com os princípios da química verde (UFPEL, 2025) e com as metas do desenvolvimento sustentável (UNITED NATIONS, 2025). Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade de utilização dos resíduos da indústria do arroz (cascas de arroz e cinzas das cascas de arroz) no processo de impressão 3D, visando obter estruturas que possam ser empregadas como suportes fotocatalíticos para aplicação na remoção de contaminantes em águas naturais e em efluentes líquidos.

2. METODOLOGIA

Os materiais utilizados na pesquisa (cascas de arroz e cinzas de cascas de arroz) foram obtidos em uma indústria da região (Pelotas-RS), e submetidos a tratamentos (trituração e peneiramento) para adequação do tamanho das partículas (< 180 µm), conforme a dimensão das agulhas das seringas empregadas para injeção de tinta no equipamento de impressão 3D, da marca 3D

Biotechnology Solutions, modelo Genesis (NIDA *et al.*, 2021; HOSSAIN *et al.*, 2022).

As tintas para impressão 3D foram preparadas combinando o resíduo de arroz (matriz) com goma guar (reforço, conforme NIDA *et al.*, 2021), e acrescentando água (dispersante), variando as dosagens de reforço e de dispersante, de acordo com o planejamento fatorial (PF) 2² (RODRIGUES; IEMMA, 2015), detalhado na Tabela 1.

Tabela 1. PF das formulações utilizadas como tintas para impressão 3D.

		Reforço ¹ (%)	Dispersante ² (%)
Pontos fatoriais			
-1	-1	20	200
-1	+1	20	300
+1	-1	30	200
+1	+1	30	300
Pontos centrais			
0	0	25	250
0	0	25	250
0	0	25	250
Pontos axiais			
- α	0	18	250
$+\alpha$	0	32	250
0	- α	25	180
0	$+\alpha$	25	320

¹ A matriz (cinzas de cascas de arroz) é complementada com um reforço (hidrocoloide, no caso, goma guar), com o objetivo de melhorar as características mecânicas da tinta.

² Percentual de dispersante (água), calculado em relação ao total (100%) da mistura sólida (matriz + reforço).

As tintas produzidas segundo as formulações dos tratamentos apresentados na Tabela 1 foram submetidas a análise mecânica em equipamento da marca Stable MycroSystems, modelo TA.XT plus, gerando curvas de tensão que, uma vez processadas, levaram à determinação dos parâmetros dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomasidade e resiliência, cuja análise estatística permitiu a avaliação da influência das variáveis de composição nos parâmetros mecânicos das tintas (ANDRÈS; ZARITZKY; CALIFANO, 2006; RODRIGUES; IEMMA, 2015; NIDA *et al.*, 2021).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta um conjunto de resultados para os parâmetros de análise mecânica de tintas para impressão 3D produzidas a partir de cinzas de casca de arroz, utilizando goma guar como reforço e água como dispersante.

Tabela 2 – Análises mecânicas das tintas formuladas com cinzas de cascas de arroz.

Tratamento	Dureza (g)	Adesividade (g.s)	Elasticidade	Coesividade	Gomosidade	Resiliência
-1,-1	251,902	0,000	0,460	0,403	101,519	0,137
-1,+1	177,631	-0,956	0,555	0,526	93,512	0,195
+1,-1	312,532	-492,890	0,409	0,348	108,644	0,109
+1,+1	236,023	-73,120	0,539	0,487	114,968	0,179
0,0	203,257	-295,552	0,443	0,370	75,136	0,111
0,0	215,744	-251,194	0,418	0,365	78,770	0,114
0,0	219,858	-114,442	0,472	0,410	90,148	0,141
- α ,0	199,145	-116,518	0,405	0,407	80,982	0,130
+ α ,0	246,207	-107,248	0,485	0,408	100,442	0,149
0,- α	355,344	-277,509	0,394	0,337	119,687	0,112
0,+ α	182,111	-48,032	0,476	0,487	88,737	0,167

Os resultados obtidos, quando comparados com referências da literatura (ANDRÈS; ZARITZKY; CALIFANO, 2006; RODRIGUES; NIDA *et al.*, 2021) indicam que as tintas produzidas a partir de resíduos da indústria do arroz demonstram viabilidade para aplicação no processo de impressão 3D. O planejamento fatorial utilizado permite a obtenção de modelos matemáticos relacionando a composição da tinta com os parâmetros mecânicos, possibilitando a otimização da formulação para posterior aplicação como suporte fotocatalítico.

4. CONCLUSÕES

Os resíduos da indústria do arroz apresentam potencial de utilização da fabricação de tintas para impressão 3D, abrindo espaço para aplicações em áreas como fotocatálise e adsorção. Nas próximas etapas da pesquisa, os materiais obtidos serão testados em operações de remoção de contaminantes ambientais, inclusive em efluentes oriundos da própria indústria do arroz.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRÈS, S.; ZARITZKY, N.; CALIFANO, A. The effect of whey protein concentrates and hydrocolloids on the texture and colour characteristics of chicken sausages. *International Journal of Food Science and Technology*. V.41, p.954-961, 2006.

FAO. **Crops and livestock products**. FAOSTAT, Roma, 11 ago. 2025. Acessado em 11 ago. 2025. Online. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>

HOSSAIN, S. S.; BAEK, I.; SON, H.; PARK, S.; BAE, C. 3D printing of porous low-temperature in-situ mullite ceramic using waste rice husk ash-derived silica. *Journal of the European Ceramic Society*. V.42, p.2408-2419, 2022.

ISHIDA, S.; KUDO, S.; ASANO, S.; HAYASHI, J. Multi-step pre-treatment of rice husk for fractionation of components including silica. **Frontiers in Chemistry**. V.13, 2025.

JENA, M. C.; MISHRA, S. K.; MOHARANA, H. S. Application of 3D printing across various fields to enhance sustainable manufacturing. **Sustainable Social Development**. V.2, n.5, 2024.

KARAM, D. S.; NAGABOVANALLI, P.; RAJOO, K. S.; ISHAK, C. F.; ABDU, A.; ROSLI, Z.; MUHARAM, F. M.; ZULPERI, D. An overview on the preparation of rice husk biochar, factors affecting its properties, and its agriculture application. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**. V.21, n.3, 2022.

NIDA, S.; ANUKIRUTHIKA, T.; MOSES, J. A.; ANANDHARAMAKRISHNAN, C. 3D Printing of Grinding and Milling Fractions of Rice Husk. **Waste and Biomass Valorization**. V.12, p.81-90, 2021.

PANDIAN, S. A.; MURUGAN, R.; SUDHERSON, M.; SAHIL, S. M. Unlocking the Potential of 3D Printing in Modern Manufacturing. **International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering**. V.11, n.4, 2024.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Experimental Design and Process Optimization**. Boca Raton: CRC Press, 2015.

SHUKLA, S. S.; CHAVA, R.; APPARI, S.; BAHURUDEEN, A.; KUNCHARAM, B. V. R. Sustainable use of rice husk for the cleaner production of value-added products. **Journal of Environmental Chemical Engineering**. V.10, n.1, 2022.

TAYEH, B. A.; ALYOUSEF, R.; ALABDULJABBAR, H.; ALASKAR, A. Recycling of rice husk waste for a sustainable concrete: A critical review. **Journal of Cleaner Production**. V.312, 2021.

UFPEL. **Os 12 Princípios da Química Verde**. WWVerde, Pelotas, 19 ago. 2025. Acessado em 19 ago. 2025. Online. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/wwverde/os-doze-principios-da-quimica-verde/>

UNITED NATIONS. **The 17 Goals**. Department of Economic and Social Affairs, New York, 19 ago. 2025. Acessado em 19 ago. 2025. Online. Disponível em: <https://sdg.un.org/goals>

XU, Y. Types and applications of 3D printing. **Highlights in Science, Engineering and Technology**. V.119, 2024.