

# CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DA CINZA DA PALHA DE SOJA COMO MATÉRIA-PRIMA SUSTENTÁVEL

Maria Fernanda Oliveira Santos <sup>1</sup>

maria.santos286@fatec.sp.gov.br

Faculdade de Tecnologia de São Paulo – FATEC-SP

Vanessa Duarte Del Cacho

vainessacacho@gmail.com

Faculdade de Tecnologia de São Paulo – FATEC-SP

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente geração de resíduos agroindustriais tem se tornado uma preocupação ambiental, especialmente em países com forte atividade agrícola, como o Brasil. Mundialmente, são produzidos cerca de 420,78 milhões de toneladas de soja (safra 2023/2024), sendo o Brasil o maior produtor do mundo, produzindo cerca de 169,49 milhões de toneladas, seguido pelos Estados Unidos que produz 118 milhões de toneladas. Estima-se que, para cada tonelada de soja produzida, seja gerada uma quantidade equivalente de resíduo composto por caules, hastes e folhas, popularmente conhecido como palha de soja [1].

A destinação inadequada desse material, geralmente descartado em aterros sanitários ou incinerado, pode causar impactos ambientais significativos. Dessa forma, alternativas sustentáveis têm sido investigadas para o reaproveitamento de resíduos agrícolas, destacando-se seu potencial na produção de materiais vítreos [2].

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar a cinza da palha de soja, um resíduo agroindustrial ainda pouco explorado, a fim de avaliar seu potencial como fonte alternativa e de baixo custo de matérias-primas sustentáveis para a fabricação de vidros comerciais, como os sodo-cálcicos. Após o tratamento térmico e eliminação de compostos orgânicos, a palha de soja apresenta elevados teores de SiO<sub>2</sub> (sílica), K<sub>2</sub>O (óxido de potássio) e CaO (óxido de cálcio), tornando-se uma candidata promissora para aplicações na indústria vidreira [2].

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A palha de soja (PS) foi previamente limpa para remoção de impurezas e submetida a um processo de calcinação, para eliminar a matéria orgânica presente no resíduo, em forno mufla (900 °C e 1000 °C por 12 h) no LSM da Fatec-SP. As cinzas de palha de soja (CPS) obtidas foram desaglomeradas manualmente em almofariz e pistilo. O fluxograma da Figura 1 apresenta o processo de calcinação realizado no resíduo estudado.



Figura 1: Fluxograma do beneficiamento da CPS.

## 3. RESULTADOS

A Figura 2 apresenta as micrografias da palha de soja bruta, antes da calcinação, em diferentes ampliações (250x e 500x). As partículas da palha de soja bruta apresentam diferentes tamanhos e texturas, formas irregulares, assimétricas, com tamanho médio das partículas de aproximadamente 150,0 µm.



Figura 2: Micrografias da PS bruta a) 250x e b) 500x, no equipamento.

Na Figura 3, as micrografias evidenciam a morfologia das partículas após a calcinação da CPS, revelando a formação de uma estrutura porosa, resultante da decomposição do material orgânico presente na casca e da liberação de CO<sub>2</sub> durante o tratamento térmico, o que leva à formação de poros no interior do material. O resíduo passa a ter maior reatividade, devido ao aumento da área de superfície específica decorrente do incremento da porosidade após o tratamento térmico.

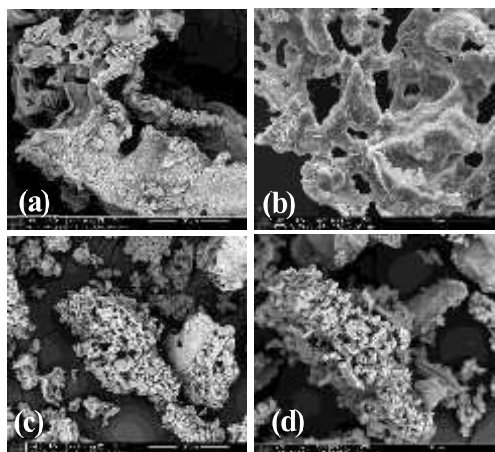


Figura 3: Micrografias das amostras CPS calcinadas por 12h a 900°C com 1000X (a), 2500X (b) e 1000°C com 1000X (c) e 2500X (d) de ampliação no equipamento.

A análise por EDS (Espectroscopia por Dispersão de Energia) demonstrou que as temperaturas empregadas no processo de calcinação respectivamente a 900 °C e 1000 °C foram eficazes na volatilização dos elementos orgânicos presentes na palha, resultando em um percentual significativo de óxidos como SiO<sub>2</sub> (sílica), CaO (óxido de cálcio), K<sub>2</sub>O (óxido de potássio), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (óxido de fósforo) e MgO (óxido de magnésio), os quais são componentes essenciais na formação de vidros silicatos do tipo sodocálcico.

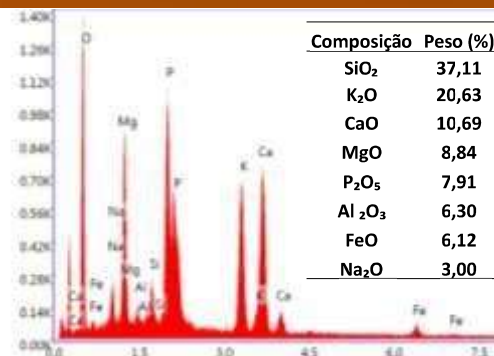


Figura 4: Espectro e tabela de composição química obtidos por EDS da palha calcinada a 900°C.

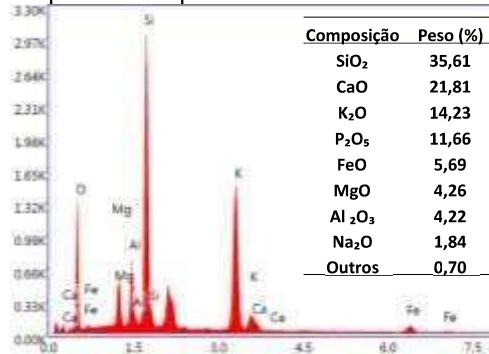


Figura 5: Espectro e tabela de composição química obtidos por EDS da palha calcinada a 1000°C.

Os espectros de FTIR da Figura 5 indicam a predominância de grupos Si-O, evidenciando elevado teor de SiO<sub>2</sub> nas cinzas calcinadas, com redução significativa de componentes orgânicos.

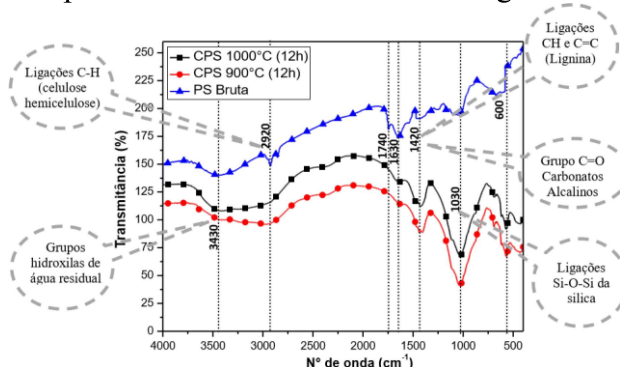


Figura 4: Espectros de FTIR da PS bruta e calcinada.

A análise por FTIR evidenciou uma redução significativa da banda de absorção em aproximadamente

3430 cm<sup>-1</sup>, associada aos modos de vibração do silanol (Si-OH) e da água (H-OH) presente na superfície do material. Essa diminuição está relacionada à eliminação da água durante o processo de calcinação, em função das altas temperaturas empregadas.

Observa-se também a ausência de bandas próximas de  $2920\text{ cm}^{-1}$  (ligações C–H e C=O) e  $1630\text{ cm}^{-1}$  (ligação C=C), atribuídas aos grupos funcionais orgânicos provenientes de compostos como lignina, celulose, hemicelulose e carbono, os quais foram eliminados durante a queima.

De acordo com a literatura, a banda observada em  $1420\text{ cm}^{-1}$  pode ser associada aos grupos C=O de carbonatos alcalinos, enquanto a banda em  $1030\text{ cm}^{-1}$  está relacionada à vibração de estiramento das ligações Si–O–Si [3]. A presença desses grupos indica que a cinza da palha de soja (CPS), após a calcinação, apresenta elevado teor de  $\text{SiO}_2$  e baixo conteúdo de componentes orgânicos residuais, evidenciando sua pureza química e potencial como fonte de sílica.

#### 4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos até o momento, pode-se concluir que a palha de soja é um resíduo promissor para uso como matéria-prima sustentável na formulação de vidros sodo-cálcicos, atuando tanto como formador quanto modificador da rede vítrea.

A análise por Espectroscopia de Dispersão de Energia (EDS) da amostra calcinada a  $900\text{ }^\circ\text{C}$  revelou altos teores de  $\text{SiO}_2$  (37,11 %),  $\text{K}_2\text{O}$  (20,63 %) e  $\text{CaO}$  (10,69 %), óxidos fundamentais na composição de vidros comerciais. O elevado teor de  $\text{SiO}_2$  confirma o potencial da palha como fonte de material formador de rede, enquanto os valores expressivos de  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{CaO}$  indicam a presença de modificadores de rede, capazes de ajustar propriedades como viscosidade e ponto de fusão.

Comparativamente, a amostra calcinada a  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  apresenta pequenas variações nas concentrações dos principais óxidos, o que sugere que a temperatura de  $900\text{ }^\circ\text{C}$  é suficiente para eliminar a matéria orgânica e estabilizar os compostos inorgânicos de interesse, representando uma opção mais eficiente, sem prejuízo da composição final.

Dessa forma, a palha de soja calcinada a  $900\text{ }^\circ\text{C}$  demonstra potencial para substituição parcial de matérias-primas convencionais na fabricação de vidros sodo-cálcicos sustentáveis.

#### REFERÊNCIAS

- [1] EMBRAPA. Dados econômicos – Soja. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
- [2] CORNEJO, I.A., et al: American Ceramic Society Bulletin, Vol. 93, No. 6, 2014.
- [3] ŠUPIĆ, S.; MALEŠEV, M.; RADONJANIN, V.; BULATOVIĆ, V.; MILOVIĆ, T. Reactivity and Pozzolan Properties of Biomass Ashes Generated by Wheat and Soybean Straw Combustion. *Materials*, v. 14, p. 1004, 2021.

#### AGRADECIMENTOS

À Fatec-SP, ao LM<sup>2</sup>C<sup>2</sup> do PMT (Poli-USP) e CCTM do IPEN, pela disponibilização dos equipamentos e materiais.

Ao CNPq pela bolsa de iniciação científica.

<sup>1</sup> Aluno de IC do CNPq.