

CENTRO PAULA SOUZA
ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL TIQUATIRA
Ensino técnico integrado ao médio
Técnico em Química

PRODUÇÃO DE PAPEL HIGIÊNICO A PARTIR DO SABUGO DE MILHO

Caio Cavalcante Nascimento*
Demian Constantinne de Oliveira**
Emily Yasmin Cavalcante de Lima***
Lucas Kauê Abreu Ito****
Pedro William Teles Ribeiro*****
Sabrina Gonçalves de Souza*****

Resumo: O Brasil sendo o terceiro maior produtor mundial de milho gera grandes quantidades de resíduos, entre eles o sabugo, que por sinal, é frequentemente descartado ou queimado. Surge, então, a questão: por que não transformar esse resíduo em um produto de valor agregado? A indústria de papel, dependente das monoculturas de eucalipto e pinus, demanda alternativas mais sustentáveis e menos agressivas ao meio ambiente.

Este trabalho investiga como a extração da celulose do sabugo de milho por meio do processo alcalino-peróxido, que utiliza hidróxido de sódio e peróxido de hidrogênio para remover lignina e liberar fibras. A polpa resultante foi lavada, refinada e moldada em folhas, simulando em pequena escala a produção industrial de papel. E, é claro, temos como um dos objetivos verificar se o sabugo pode se tornar matéria-prima viável para papéis de baixa gramatura, como o papel higiênico. O estudo busca unir sustentabilidade ambiental e responsabilidade social, oferecendo uma alternativa de baixo custo para a sociedade e uma nova oportunidade de renda para pequenos produtores. Assim, o projeto aponta para um modelo de produção inovador, com benefícios ambientais e sociais.

PALAVRAS-CHAVE: celulose, milho, sustentável, papel

1. INTRODUÇÃO

Ainda da idade da pedra, o papel acompanha a jornada da humanidade, atuando como uma corrente crucial para a propagação de ideias, anotações e inovações. Ele surgiu lá no século II a.C., na China, começando com fibras de plantas tipo cânhamo

*Aluno do curso Técnico em Química, na Etec Tiquatira – caio.nascimento90@etec.sp.gov.br

**Aluno do curso Técnico em Química, na Etec Tiquatira – demian.oliveira@etec.sp.gov.br

***Aluna do curso Técnico em Química, na Etec Tiquatira – emilly.lima40@etec.sp.gov.br

****Aluno do curso Técnico em Química, na Etec Tiquatira – lucas.ito2@etec.sp.gov.br

*****Aluno do curso Técnico em Química, na Etec Tiquatira – pedro.ribeiro139@etec.sp.gov.br

*****Aluna do curso Técnico em Química, na Etec Tiquatira – sabrina.souza156@etec.sp.gov.br

e bambu. (TSIEN, 1985). A técnica aprimorada por Cai Lun, em 105 d.C., deu uma forcinha e impulsionou a ampla expansão desse material, que, tempos depois, chegou a Europa, se mostrando uma base essencial para a comunicação e a cultura escrita (HUNTER, 2011; CARTWRIGHT, 2019). Com a Revolução Industrial batendo na porta, o papel virou um elemento central na comunicação moderna, com um uso expandindo no mundo todo (KURLANSKY, 2016).

Entre um monte de aplicações desse material, o papel higiênico se tornou um item quase invisível, mas essencial no nosso dia a dia.

O processo kraft, amplamente empregado na indústria, cozinha a madeira numa solução alcalina de hidróxido de sódio e sulfeto de sódio; afinal, almeja dissolver a lignina, libertando as fibras celulósicas (SMOOK, 2002). Apesar da sua eficácia, respondendo por uns 90% da produção global de polpa (FILIPIN, 2024), o método demanda imensos volumes de energia, água e produtos químicos (REVISTA FT, 2023).

A manufatura do papel, que integra etapas como refinação, formação da folha e acabamento, está diretamente ligada a celulose, o polímero estrutural proeminente nas plantas. Trata-se de um polímero de glicose ligado por ligações β -1,4, compondo entre 30% e 80% da massa seca das paredes celulares vegetais, algo que a torna abundante e fundamental para a indústria papeleira (SANTOS, 2018; UFPR, 2017).

Apesar da eficiência industrial, a produção persiste atrelada às monoculturas de eucalipto e pinus, que, sem dúvida, pressionam os ecossistemas (MONTEIRO et al., 2020).

Dessa forma, buscar alternativas sustentáveis torna-se imprescindível. O milho, um cereal predominante no Brasil, produziu mais de 127 milhões de toneladas em 2023, originando uns 25 milhões de toneladas de resíduos, tipo palha e sabugo, viu (EMBRAPA, 2023). A monocultura desse grão, por outro lado, tem seus problemas ambientais, tipo esgotamento do solo e, pragas mais fáceis de aparecer (SOUZA; PEREIRA, 2021; BRASIL ESCOLA, 2023). Contudo, resíduos tipo sabugo, que a gente joga fora ou queima, mostram ser fontes interessantes de fibras lignocelulósicas. Já houveram estudos que investigaram materiais alternativos, como bagaço de cana, casca de banana e folha de abacaxi, para fazer papel reciclado e biodegradável, com coisas boas aparecendo (SILVA et al. , 2020; SANTOS; OLIVEIRA, 2022).

E assim, o sabugo de milho, aparece como uma possível alternativa na qual preserva a natureza, juntando fartura, custo baixo e a chance de diminuir os impactos ambientais causados pela produção atual de papel higiênico.

2. OBJETIVO

2.1. OBJETIVO PRINCIPAL

Produzir amostras de papel higiênico utilizando a celulose extraída dos sabugos.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Discutir os impactos ambientais da proposta, destacando a redução da queima de sabugos e a diminuição da pressão sobre os biomas causada pelas monoculturas de eucalipto e pinus.
- Verificar a viabilidade do uso da celulose do sabugo de milho na fabricação de papel higiênico como alternativa sustentável às fibras provenientes das monoculturas de eucalipto e pinus.
- Comparar propriedades físicas e funcionais (resistência, absorção e maciez) entre o papel produzido e os papéis comerciais disponíveis no mercado.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. ORIGEM DO PAPEL

Segundo Tsien (1985), a invenção do papel remonta à China do século II a.C., onde fibras vegetais como cânhamo e bambu eram utilizadas para sua produção. O aprimoramento da técnica é atribuído a Cai Lun, em 105 d.C., o que possibilitou maior difusão e padronização do material. Hunter (2011) explica que, a partir do século XII, o conhecimento da fabricação do papel se espalhou pela Europa, tornando-se essencial para o registro e disseminação de ideias. Nesse contexto, Cartwright (2019) reforça que a invenção do papel foi uma das bases para o avanço da comunicação humana.

3.2. PROCESSO KRAFT

O processo kraft, também chamado de processo ao sulfato, é atualmente o método mais utilizado para a produção de polpa celulósica. Consiste no cozimento da madeira em uma solução de hidróxido de sódio e sulfeto de sódio, resultando na dissolução parcial da lignina e separação das fibras (SMOOK, 2002). Filipin (2024) destaca que

esse processo representa cerca de 90% da produção mundial de polpa, devido à elevada resistência mecânica obtida e à possibilidade de recuperação dos reagentes químicos. Estudos recentes mostram que avanços tecnológicos continuam aprimorando o processo, tornando-o cada vez mais eficiente (REVISTA FT, 2023).

3.3. FABRICAÇÃO DO PAPEL

A fabricação de papel compreende as etapas de preparação da polpa, refino, formação da folha e acabamento. Inicialmente, a matéria-prima fibrosa é desagregada até formar uma suspensão aquosa. No refino, as fibras sofrem modificações que aumentam sua resistência mecânica. A formação da folha ocorre em máquinas papeleiras, onde a água é drenada e a estrutura fibrosa é consolidada. Por fim, passam-se pelos processos de prensagem, secagem e tratamentos superficiais, conforme o tipo de papel desejado (MONTEIRO et al., 2020). De acordo com Eucalyptus (2011), cerca de 90% da polpa utilizada mundialmente provém do processo kraft, evidenciando sua centralidade na indústria papeleira.

3.4. CELULOSE

A celulose é definida como um polímero natural formado por unidades de glicose ligadas por ligações β -1,4, sendo o principal constituinte da parede celular das plantas (SANTOS, 2018). Seu grau de polimerização varia entre 15 e 15.000 unidades, com média de aproximadamente 3.000. Representa cerca de 30% da massa seca em paredes celulares primárias e entre 50% e 80% em secundárias (UFPR, 2017). Além de sua abundância, sua estrutura fibrosa, composta por regiões cristalinas e amorfas interligadas por ligações de hidrogênio, confere propriedades essenciais para a fabricação de papel e derivados.

3.5. MONOCULTURA DO MILHO

O milho é uma das principais culturas agrícolas do Brasil, com produção estimada em 127 milhões de toneladas em 2023 (EMBRAPA, 2023). Entretanto, a prática de monocultura apresenta limitações ambientais e socioeconômicas. Souza e Pereira (2021) destacam que o cultivo contínuo pode levar ao empobrecimento do solo, aumento da vulnerabilidade a pragas e maior dependência de insumos químicos, como fertilizantes e pesticidas. Segundo Brasil Escola (2023), esse modelo agrícola também pode gerar desequilíbrios ecológicos, ao reduzir a biodiversidade local. Por outro lado, a produção de milho gera grandes volumes de resíduos, como palha e

sabugo, que podem ser aproveitados em processos industriais sustentáveis, representando um potencial subutilizado (EMBRAPA, 2023).

4. MATERIAIS

A matéria-prima utilizada foi o sabugo de milho proveniente da grande produção brasileira. O material foi lavado, seco em estufa de circulação de ar e posteriormente triturado.

Os reagentes empregados até o momento foram:

- Hidróxido de sódio (NaOH, solução padronizada 0,98 mol/L);
- Peróxido de hidrogênio (H₂O₂, 35% p/v);
- Sulfato de magnésio (MgSO₄);
- Água destilada.

Instrumentos e equipamentos utilizados:

- Balança analítica;
- Becker, quitasato, provetas, pipetas graduadas e bastão de vidro;
- Estufa de secagem;
- Peneira fina e tecido de algodão para lavagem da polpa;
- Funil de Büchner e bomba a vácuo.

Os materiais utilizados como molde para o papel foram:

- Moldura de foto 10x15;
- Plástico filme;
- Manta de nylon 0,2mm.

5. MÉTODOS

5.1. PREPARO DA POLPA

O sabugo seco foi triturado até granulometria média. Para cada 100 g de sabugo seco, foram adicionados aproximadamente:

- 550 ml de NaOH 0,98 mol/L;
- 0,5 g de MgSO₄;
- 10 ml de H₂O₂ 35%.

A mistura foi submetida ao processo alcalino-peróxido, em cozimento a 110 °C por 60 minutos. Após o tratamento, o material foi lavado em peneira com água morna destilada até redução da alcalinidade, obtendo-se a polpa celulósica.

5.2. Etapas posteriores

Após o preparo da celulose, a polpa foi inserida na moldura e pressionada para formagem, conforme ia sendo pressionada, foi coberta pela manta de nylon para retirar a água que ainda estava presente. Para o processo de secagem, a polpa permaneceu na estufa cerca de 45 minutos a 50°C, e depois exposta ao sol durante 6 horas.

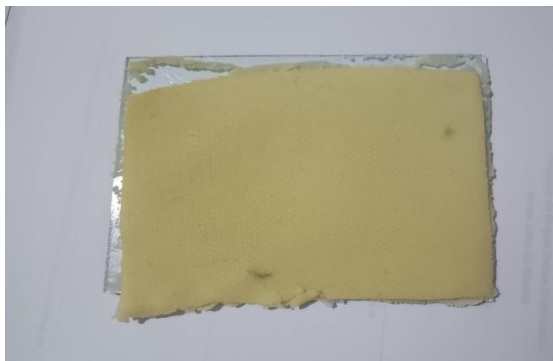
5.3. Ensaio propostos

Após a moldagem e secagem das folhas, foram realizados os seguintes testes de caracterização física do papel, conforme metodologias de referência, tais como:

- Absorção de água (teste adaptado utilizando método de exposição contínua ao ambiente para verificação de alteração de massa);
- Resistência à tração;
- Biodegradabilidade em água (teste adaptado, imersão e observação da desintegração da folha);
- Resistência à chama.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Percebemos que o processo de obtenção da polpa celulósica a partir do sabugo de milho mostrou ser uma alternativa viável, resultando em um material fibroso de coloração amarelada e textura pastosa. Durante o cozimento alcalino-peróxido, observou-se a liberação de licor escuro, característico da solubilização parcial da lignina e de hemiceluloses, confirmando a eficiência do tratamento químico. As lavagens da polpa permitiram reduzir a alcalinidade residual, resultando em uma polpa mais homogênea e adequada para as etapas posteriores de refino e moldagem.



Imagens do processo de formagem das folhas de papel em diferentes ensaios.

O rendimento da polpa obtida foi proporcional com estudos semelhantes utilizando resíduos lignocelulósicos, como casca de arroz e fibras de sisal, variando entre 35% e 60% da massa inicial do material seco. Esse valor confirma que, embora parte significativa da biomassa seja removida na forma de lignina e extrativos, a fração celulósica presente no sabugo apresenta quantidade suficiente para aplicação prática.

Após as etapas de formação de folha e testes físicos na folha, os testes realizados na polpa crua e na folha apontaram que papéis produzidos a partir do sabugo de milho apresentam boa absorção de água, adequada desintegração em meio aquoso e resistência compatível com papéis de baixa gramatura, como o papel higiênico, na qual serão fundamentais para avaliar a aplicabilidade do material em escala artesanal ou semi industrial. Os resultados também apontaram uma alta resistência ao fogo, se tornando altamente ignífugo mostrando, além disso, a capacidade de não manter o calor e também não espalhar chama, quando queimado, resultando em apenas a queima da área onde foi inserido o calor por meio de um isqueiro ou maçarico.

Outro aspecto observado foi a simplicidade do processo. O uso de reagentes comuns, como NaOH e H₂O₂, favorece a reprodução em escala de laboratório, possibilitando uma adaptação para pequenas indústrias.

Socialmente, a utilização do sabugo de milho pode se tornar uma possível fonte de renda para agricultores locais, que poderiam aumentar sua verba por meio da fabricação artesanal de papéis. Esse aspecto, aliado à redução do impacto associado à queima de resíduos e à substituição parcial de monoculturas florestais, amplia a relevância do projeto.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos ao longo da pesquisa evidenciam que o sabugo de milho possui grande potencial como matéria-prima alternativa para a produção de papel. Mesmo com limitações de tempo, infraestrutura laboratorial reduzida e equipamentos simples, foi possível alcançar avanços significativos no desenvolvimento do material. Um dos achados mais relevantes foi a inesperada alta resistência à chama, característica que supera a de muitos papéis convencionais e abre novas possibilidades de aplicação para o produto.

Além disso, a textura, a maciez e a uniformidade visual das folhas produzidas reforçam a viabilidade técnica do processo, demonstrando que resíduos agrícolas podem ser transformados em materiais úteis e sustentáveis. Embora algumas propriedades, como a resistência à tração e ao rasgo, ainda precisem ser aprimoradas, os resultados obtidos confirmam a eficácia do método adotado e indicam que ajustes simples — como otimização da moldagem, uso de cargas minerais ou melhorias na etapa de prensagem — podem elevar ainda mais o desempenho final do papel.

Dessa forma, o estudo não apenas comprova o potencial do sabugo de milho como fonte alternativa de celulose, mas também aponta caminhos promissores para pesquisas futuras, fortalecendo a proposta de um processo produtivo mais acessível, ecológico e socialmente relevante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARTWRIGHT, Mark. O papel na China antiga. World History Encyclopedia, 2019. Disponível em: <https://www.worldhistory.org/trans/pt/2-1120/o-papel-na-china-antiga/>. Acesso em: 22 set. 2025.
2. EMBRAPA. Aspectos socioeconômicos da cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2023. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/253920/1/CT597Milho.pdf>. Acesso em: 22 set. 2025.

3. EUCALYPTUS. Curso de Fabricação de Celulose e Papel. 2011. Disponível em: https://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2011_Curso_Fabricacao_Celulose_Papel.pdf. Acesso em: 22 set. 2025.
4. FILIPIN, Natália dos Reis. Processo de produção de celulose: uma revisão. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/41946/1/ProcessoProdu%C3%A7%C3%A3oCelulose.pdf>. Acesso em: 22 set. 2025.
5. HUNTER, Dard. Papermaking: The History and Technique of an Ancient Craft. New York: Dover Publications, 2011.
6. KURLANSKY, Mark. Paper: Paging Through History. New York: W. W. Norton & Company, 2016.
7. MONTEIRO, J. R. et al. Indústria de papel e celulose: panorama e processos de fabricação. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 9, n. 6, p. 85-101, 2020.
8. REVISTA FT. Revisão do processo de obtenção da celulose kraft e suas tecnologias. Revista FTT, 2023. Disponível em: <https://revistaft.com.br/revisao-do-processo-de-obtencao-da-celulose-kraft-e-suas-tecnologias/>. Acesso em: 22 set. 2025.
9. SANTOS, Vanessa dos. Celulose: o que é, funções e aplicações. Brasil Escola, 2018. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/celulose.htm>. Acesso em: 22 set. 2025.
10. SOUZA, A. C.; PEREIRA, M. R. Impactos ambientais da monocultura do milho no Brasil. Revista de Estudos Ambientais, v. 23, n. 2, p. 55-68, 2021.
11. TSIEN, Tsuen-Hsuin. Paper and Printing. In: LOEWENSTEIN, Joseph; FAIRBANK, John King (eds.). Science and Civilisation in China. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. v. 5, p. 1-123.
12. UFPR. Celulose: pontos de vista. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2017. Disponível em: <https://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/disciplinas/at113/celulose.pdf>. Acesso em: 22 set. 2025.