

APROVEITAMENTO DO PERÓXIDO DE METIL ETIL CETONA NO BRANQUEAMENTO DE CELULOSE E PAPEL

UTILIZATION OF METHYL ETHYL KETONE PEROXIDE IN PULP AND PAPER BLEACHING

Danilo Silva do Nascimento^{1, i}
Kerley Cristiane Victorino Romão^{2, ii}

RESUMO

O estudo foi realizado sobre o processo de branqueamento de celulose usando um subproduto da reação entre peróxido de hidrogênio e metil etil cetona (MEK), o subproduto desta reação é o peróxido de metil etil cetona (PMEK). O objetivo é transformar esse subproduto em um produto comercializável, isso traria redução de custos diminuindo o armazenamento deste subproduto e o custo com descarte.

Foi testado o poder de branqueamento da celulose utilizada na fabricação de papel e comparado com o peróxido de hidrogênio, produto já utilizado na indústria. Foi usado a técnica de titulação para determinar a quantidade ideal de PMEK e o espectrofotômetro de UV-Vis para determinar a lignina na polpa de celulose, antes e depois do processo.

Os resultados foram promissores, o que indica estudos complementares para otimizar esse processo.

Palavras-chave: Lignina, Metil Etil Cetona, Branqueamento, Espectrofotômetro UV-Vis.

ABSTRACT

The study focused on the pulp bleaching process using a byproduct of the reaction between hydrogen peroxide and methyl ethyl ketone (MEK). The byproduct of this reaction is methyl ethyl ketone peroxide (MEKP). The goal is to transform this byproduct into a marketable product, which would reduce costs by reducing storage and disposal costs.

The bleaching power of cellulose used in papermaking was tested and compared with hydrogen peroxide, a product already used in industry. The titration technique was used to determine the ideal amount of MEKP, and a UV-Vis spectrophotometer was used to determine lignin in the pulp before and after the process.

The results were promising, suggesting further studies to optimize this process.

Keywords: Lignin, Methyl Ethyl Ketone, Bleaching, UV-Vis Spectrophotometer

1 INTRODUÇÃO

¹ Estudante da Pós-Graduação Análise Instrumental Avançada Faculdade de Tecnologia do SENAI-SP. E-mail: daniloscimento@gmail.com

² Docente da Faculdade de Tecnologia do SENAI-SP. E-mail: kerley.romao@sp.senai.br

1.1 Problema de pesquisa

Diversas indústrias químicas geram subprodutos todos os dias. A busca para um destino desses subprodutos, que não seja o aterro, é desafiador. O peróxido de metil etil cetona (PMEK) é um destes subprodutos provenientes de indústrias químicas. Ele é gerado a partir da reação entre o peróxido de hidrogênio e a metil etil cetona (MEK). (Rosa, 2022) O manejo desses resíduos representa um problema significativo, pois as algumas empresas lidam com toneladas desse material que, normalmente, são encaminhadas para tratamentos de alto custo ou para aterros sanitários. A capacidade desses aterros é insuficiente para a enorme quantidade de resíduos gerados pela indústria. A busca por alternativas para valorizar esses subprodutos, alinhada às recomendações de gerenciamento de resíduos da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA), é crucial para reduzir custos e o impacto ambiental. (Lima, 2023) Cada vez mais, as fábricas utilizam energia renovável, como a biomassa derivada do próprio processo de produção, diminuindo a dependência de combustíveis fósseis.

A indústria de papel e celulose enfrenta o desafio de gerenciar subprodutos industriais em larga escala. (Dias, 2021). Além disso, a reciclagem de papel desempenha um papel importante na economia circular, com mais de 66% do papel consumido sendo reciclado. (Relatório da FAO sobre Produtos Florestais, 2022). A principal ideia deste estudo é utilizar o PMEK, um rejeito industrial, para ser utilizada em branqueamento de papel, promovendo o reaproveitamento deste produto.

1.2 Objetivo

O objetivo utilizar o PMEK recuperado com a finalidade de utilizá-lo no branqueamento de polpa de celulose não branqueada para a produção de papel.

1.3 Justificativa

A reutilização de um subproduto como o PMEK para o branqueamento de celulose é uma estratégia que se alinha com os princípios da economia circular e com as recomendações da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) para o gerenciamento de resíduos industriais. Este estudo nasceu de um problema real, onde uma empresa precisava encontrar uma forma de reutilizar um subproduto que não podia ser reaproveitado em sua produção, gerando um grande desafio com toneladas de material. (Resíduos Gerados por Setores da Indústria, 2024)

A valorização desse resíduo industrial em um agente de branqueamento viável pode trazer uma série de benefícios como: Diminuir os gastos com o armazenamento e descarte do subproduto. Oferecer uma solução prática e responsável para um resíduo industrial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Papel

A fabricação de papel é um processo complexo e fundamental para a sociedade moderna, com raízes que remontam ao segundo século na China. No entanto, sua industrialização ganhou força a partir do século XIX, acompanhando o desenvolvimento tecnológico. Hoje, o papel é essencial em diversas áreas, incluindo comunicação, educação, embalagens e higiene. (Smook, G. A. 2002)

O processo de fabricação de papel envolve a transformação de fibras vegetais, predominantemente obtidas de madeira, em uma folha uniforme e versátil. A principal matéria-prima é a polpa celulósica, que pode ser obtida a partir de processos mecânicos, químicos ou reciclados. No método químico, o cozimento com agentes como hidróxido de sódio (NaOH) e sulfeto de sódio (Na₂S) permite a remoção parcial da lignina e outras substâncias indesejadas, facilitando a liberação das fibras de celulose. Em seguida, o processo de branqueamento melhora a qualidade e a cor da polpa, tornando-a adequada para diferentes usos. (Biermann, C. J. 1996) O Branqueamento da polpa de celulose é realizado com peróxido de hidrogênio, a ideia do estudo é verificar o poder de branqueamento do papel utilizando o PMEK.

O PMEK gerado da reação entre metil etil cetona (MEK) e peróxido de hidrogênio. É um líquido viscoso e muito oxidante exige cuidado no manuseio e armazenamento. (Rosa,2022)

3 METODOLOGIA

- **Preparação da Polpa de Celulose:** A matéria-prima, madeira de eucalipto (espécie *Urograndis*), passou por um processo de cozimento em autoclave com hidróxido de sódio (NaOH) e sulfeto de sódio (Na₂S) para extrair as fibras de celulose.
- **Pré-Branqueamento:** Uma parte da polpa foi submetida a um pré-branqueamento com oxigênio (O₂) em autoclave para remover parte da lignina residual, preparando-a para as etapas seguintes.

- **Padronização dos Reagentes:**

Peróxido de Hidrogênio (Padrão): Foi realizada uma titulação com tiosulfato de sódio para determinar a concentração exata do peróxido de hidrogênio padrão.

Subproduto (PMEK): O mesmo processo de titulação foi aplicado ao subproduto para determinar sua concentração e calcular a quantidade necessária para equivaler ao poder de branqueamento do padrão. Constatou-se a necessidade de usar 2,7 vezes mais subproduto.

- **Processo de Branqueamento:** A polpa pré-branqueada foi dividida e submetida a um branqueamento em três etapas. A primeira e a última utilizaram dióxido de cloro (ClO₂). A etapa seguinte foi tratada com a solução padrão de peróxido de hidrogênio e a outra com H₂O₂/PMEK. O processo ocorreu em banho-maria a 60°C.
- **Análise de Sólidos e Preparação para Confecção do Papel:** Foram realizados testes para determinar o teor de sólidos (massa seca) das polpas: sem branqueamento, branqueada com o padrão e branqueada com o subproduto.
- **Confecção das Folhas de Papel:** A polpa foi misturada com água e processada em um homogeneizador. As folhas foram moldadas em um "Formador de Folhas", prensadas para remover o excesso de água e secas.
- **Análise Espectrofotométrica (UV-Vis):** Amostras das polpas (não branqueada, branqueada com padrão e branqueada com subproduto) foram analisadas em um espectrofotômetro UV-Vis. O objetivo era medir a absorvância em 280 nm para quantificar a lignina residual e, assim, avaliar a eficácia de cada tratamento de branqueamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados experimentais demonstraram uma eficácia de

branqueamento positiva, porém inferior, do subproduto da reação H_2O_2 /PMEK em comparação ao peróxido de hidrogênio (H_2O_2) padrão. A discussão dos dados se fundamenta na correlação entre as análises quantitativas e espectrofotométricas.

A quantificação da capacidade oxidativa, realizada por meio de titulação redox com tiosulfato de sódio, estabeleceu o resultado numérico: a necessidade de uma dosagem 2,7 vezes maior do H_2O_2 /PMEK para se obter a mesma equivalência molar de agente oxidante do H_2O_2 padrão.

A análise por espectrofotometria UV-Vis em 280 nm, um comprimento de onda característico da absorção da lignina, observou-se uma hierarquia de eficácia:

- Peróxido Padrão: Apresentou a menor absorbância ($\approx 0,5$), indicando a maior taxa de remoção de lignina.
- H_2O_2 /PMEK: Registrou um valor de absorbância intermediário ($\approx 1,0$), confirmando sua atividade da retirada da lignina, porém em menor grau.
- Amostra de Controle (Não Branqueada): Exibiu a maior absorbância ($\approx 1,4$), servindo como linha de base para o teor de lignina inicial.

A menor potência oxidativa do PMEK, determinada quantitativamente pela titulação (fator de 2,7), é diretamente refletida em sua menor capacidade de degradar as estruturas cromóforas da lignina, conforme evidenciado pelos maiores valores de absorbância residual em comparação ao padrão.

A partir da integração desses resultados, que a hipótese do estudo foi validada. O PMEK é um agente de branqueamento tecnicamente viável. Sua eficácia reduzida é um parâmetro agora quantificado, essencial para futuros estudos de otimização de processo e para a avaliação de sua viabilidade econômica em escala industrial. A pesquisa estabelece, portanto, uma para a valorização de um resíduo industrial, alinhada a estratégias de sustentabilidade e economia circular.

5 CONCLUSÃO

O estudo conclui que o subproduto da reação demonstra um potencial significativo como reagente para o branqueamento de polpa celulósica. A principal hipótese da pesquisa foi validada, confirmando a capacidade do subproduto de promover o branqueamento.

A pesquisa estabelece com êxito que o subproduto possui atividade branqueadora efetiva. Este resultado aponta para uma via viável de valorização de um resíduo industrial, apresentando uma aplicação prática que pode contribuir para a otimização de processos e para a sustentabilidade na indústria de celulose e papel, em conformidade com os princípios da economia circular.

REFERÊNCIAS

ABTCP – **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL.**

Relatório setorial 2021. São Paulo: ABTCP, 2021. Disponível em:

<<https://www.abtcp.org.br>>. Acesso em: 8 nov. 2024.

BIERMANN, Christopher J. **Manual de celulose e fabricação de papel**. Elsevier, 1996.

DIAS, Warlen Agnelo. **Avanços para o desenvolvimento sustentável da indústria de papel e celulose através do gerenciamento de seus resíduos.**

2021. Disponível em:<

<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/32780>>. Acesso em: 15 ago. 2025

LIMA, Mateus Pinto de. **Economia circular na gestão de resíduos sólidos no Brasil: Oportunidades e desafios do aproveitamento energético do biogás de aterros sanitários**. 2023. Disponível em:

<<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/75871>>. Acesso em: 10/01/2025.

FAO – **ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA**. Relatório da FAO sobre produtos florestais. [S.l.], 2022. Disponível em: <<https://www.fao.org/publications>>. Acesso em: 8 nov. 2024.

SMOOK, G. A. Handbook para tecnólogos de celulose e papel. 4. ed. Vancouver: TAPPI Press, 2016.

SMOOK, Gary A. **Handbook for pulp & paper technologists**. A. Wilde, 2002.

ROSA, Sergio Marcos da. Estudo do peróxido de metil etil cetona no processo da desvulcanização de resíduos de borracha de pneus: uma revisão bibliográfica. 2022. VAVERKOVÁ, M. D. **Landfill impacts on the environment—Review**.

Geosciences, v. 9, n. 10, p. 431, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3263/9/10/431>. Acesso em: 8 nov. 2024.

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

Sobre os autores:

i DANILO SILVA DO NASCIMENTO (Autor 1)



Possui graduação de Engenharia Ambiental pela UNISA – Universidade de Santo Amaro (2021), tem 12 anos de experiência em desenvolvimento no segmento de aditivos para indústria mobiliária, domos sanitários, cosmetologia e em nano tecnologia (grafeno)

ii KERLEY CRISTIANE VICTORINO ROMÃO (Autor 2)



Profissional com formação sólida em Química, incluindo graduação pelo Centro Universitário Fundação Santo André (2004), Pós-Graduação em Controles Ambientais, Mestrado em Ciências da Saúde com foco em fármacos pela Faculdade de Medicina do ABC (2020). Atua como Coordenadora do Curso de Bacharelado em Química Industrial e professora de educação profissional e tecnologia na renomada Faculdade de Tecnologia SENAI SP. Com vasta experiência acadêmica, ministra disciplinas em diversos cursos de graduação, como Bacharelado em Química Industrial, Tecnologia em Polímeros e Engenharia de Controle e Automação.