



**CONFORME SOLICITAÇÃO DO AUTOR, ESTA
PRODUÇÃO INTELECTUAL POSSUI
RESTRIÇÃO DE ACESSO**

**CAXIAS DO
SUL 2022**

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E
CIÊNCIAS AMBIENTAIS

JÚLIA GABRIELA DICK

ESTRATÉGIAS BIOLÓGICAS PARA TRATABILIDADE DE ÁGUA
EM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PAPEL RECICLADO

CAXIAS DO SUL

2022

JÚLIA GABRIELA DICK

**ESTRATÉGIAS BIOLÓGICAS PARA TRATABILIDADE DE ÁGUA
EM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PAPEL RECICLADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais - PPGECAM da Universidade de Caxias do Sul, para obtenção de grau de Mestre em Engenharia e Ciências Ambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Eloane Malvessi.

CAXIAS DO SUL

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

D547e Dick, Júlia Gabriela

Estratégias biológicas para tratabilidade de água em processo de fabricação de papel reciclado [recurso eletrônico] / Júlia Gabriela Dick. – 2022.

Dados eletrônicos.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, 2022.

Orientação: Eloane Malvessi.

Modo de acesso: World Wide Web

Disponível em: <https://repositorio.ucs.br>

1. Indústria de celulose. 2. Papel - Confecção. 3. Água - Purificação - Tratamento biológico. 4. Enzimas - Aplicações industriais. I. Malvessi, Eloane, orient. II. Título.

CDU 2. ed.: 676

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)
Ana Guimarães Pereira - CRB 10/1460

Estratégias biológicas para tratabilidade de água em processo de fabricação de papel reciclado

Júlia Gabriela Dick

Dissertação submetida à banca examinadora designada pela coordenação do Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciências Ambientais da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos para a obtenção de grau de Mestre em Engenharia e Ciências Ambientais.

Aprovada em 15 de dezembro de 2022.

Banca Examinadora

Orientadora: Profa. Dra. Eloane Malvessi
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dr. Everton Hansen
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Dra. Patrícia Kaji Yasumura Sasaki
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT

Profa. Dra. Suelen Osmarina Paesi
Universidade de Caxias do Sul – UCS

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus, que me colocou neste caminho fascinante que une a ciência e a indústria, colocando-me a frente dos desafios necessários, juntamente com pessoas cheias de luz que contribuíram em cada passo da minha caminhada.

À minha mãe Estela, que esteve sempre ao meu lado, e que mesmo em silêncio, preocupou-se a cada minuto com o andamento do trabalho e com as viagens e descolamentos necessários para que este projeto se tornasse possível.

Ao Alécio que em todo momento esteve presente para aconselhamento e conversas demonstrando que o primeiro passo para tudo na vida é acreditar. À minha irmã Joana pelo carinho e amizade. À minha avó Odalina pela preocupação constante mesmo com a distância. Ao Henrique pelo companheirismo e compreensão em todos os momentos.

Agradeço ao meu pai Ivair e ao meu avô José, que mesmo junto de Deus estão a guiar meus passos.

À minha orientadora Profa. Dra. Eloane Malvessi pela paciência, prontidão, carinho e ensinamentos passados nessa orientação necessária. Sem ela nada disso seria concretizado.

Agradeço aos colegas de trabalho e amigos que colaboraram com meus estudos e que participaram de inúmeras conversas mostrando que o importante é acreditarmos em nós mesmos e termos com quem contar nos momentos de necessidade. Agradeço especialmente a todas aquelas pessoas que ouviram as minhas preocupações e me fizeram ser mais forte, me fazendo enxergar que precisamos mostrar quem somos, e que cada um de nós é um diamante a ser lapidado.

Ao Laboratório de Enzimas e Biomassa (LENB), e em especial, às professoras Marli e Rose, pela prontidão em atender as demandas para realização deste estudo e por toda paciência em auxiliar nas metodologias e empréstimo de materiais.

À toda equipe do LBIO, que com o passar dos dias mostrou-se muito divertida, compreensiva e parceira, auxiliando nas análises e trocando experiências. Com certeza o sucesso dos projetos deste laboratório se deve às pessoas incríveis que ali estão.

EPÍGRAFE

“Se eu vi mais longe, foi porque estava sobre os ombros de gigantes”.

Sir Isaac Newton

RESUMO

As indústrias de celulose e papel são responsáveis por cerca de 1% de todo o PIB brasileiro, sendo consideradas sinalizadores econômicos por refletirem as variações do mercado comercial. Dentre estas plantas industriais, distinguem-se as fábricas de papel reciclado, que atuam na produção de papel a partir de aparas provenientes da reciclagem do papelão previamente comercializado. Em decorrência das características físico-químicas das aparas e do uso de outros insumos, são gerados produtos de degradação que alteram a cor, turbidez, condutividade elétrica e outros parâmetros da água utilizada para fabricação de papel. Estes aspectos podem ser acentuados quando se tratam de plantas onde não há descarte de efluentes. Nos sistemas fechados, como consequência da reutilização da água no processo produtivo, é identificada a elevação do percentual de contaminantes, o que também interfere nas características do produto final. Cultivos fúngicos têm sido utilizados no intuito de minimizar estes efeitos de forma sustentável em indústrias de papel e celulose, têxtil e galvânica, entre outras. No presente trabalho, cultivos de *Pleurotus albidus* e *Lentinus crinitus* foram realizados buscando a melhora da qualidade da água de uma indústria de papel reciclado em sistema fechado. Os cultivos foram realizados em meios compostos por diferentes percentuais de água de reciclo (30 a 90% v/v) e glicose (0 a 20 g/L), a 28°C, em frascos sob agitação. Entre as condições avaliadas para *P. albidus*, valores médios de redução de cor e de condutividade elétrica do meio de 88 e 30% foram alcançados, respectivamente, em meio formulado com 90% de água de reciclo e glicose, em 9 dias de processo. No cultivo de *L. crinitus* foi quantificado menor crescimento celular, porém, a produção constitutiva de lacases com o uso de 90% de água de reciclo foi cerca de 10 vezes superior à obtida com *P. albidus*. Considerando a redução de cor e condutividade elétrica, os resultados foram semelhantes aos atingidos em cultivos de *P. albidus*. Em cultivo de *L. crinitus* com 90% de água de reciclo e suplementação de glicose, foi atingida redução média de 30% de condutividade elétrica no 3º dia de cultivo e 70% de cor em 9 dias de processo. Os resultados aqui apresentados direcionam para alternativas limpas e sustentáveis no que tange à melhora da qualidade da água nas indústrias de papel que trabalham com o fechamento do circuito de águas e efluentes e com matérias-primas recicladas.

Palavras-chave: cultivos fúngicos; enzimas; papel; circuitos fechados; contaminantes.

ABSTRACT

The pulp and paper industries are responsible for about 1% of the entire Brazilian GDP, and are considered economic indicators for reflecting the variations in the commercial market. Among these industrial plants, we can distinguish the recycled paper mills, which operate in the production of paper from trimmings derived from the recycling of cardboard previously sold. As a result of the physical-chemical characteristics of the chips and the use of other inputs, by-products are generated that alter the color, turbidity, electrical conductivity and other parameters, which influence the performance of the production process. These aspects can be accentuated when considered plants with no effluent disposal. In closed systems, as a consequence of water reuse in the production process, an increase in the percentage of contaminants is identified, which also interferes in final product characteristics. Fungal cultures have been used in order to minimize these effects in a sustainable way in pulp and paper, textile, and galvanic industries, among others. In the present work, cultivations of *Pleurotus albidus* and *Lentinus crinitus* were carried out aiming to improve the water quality of a recycled paper industry in a closed system. The cultivations were performed in media composed by different percentages of recycling water (30 to 90% v/v) and glucose (0 to 20 g/L), at 28°C, in flasks under agitation. Among the conditions evaluated for *P. albidus*, mean values of reduction of color and electrical conductivity of the medium of 88 and 30% were attained, respectively, in medium formulated with 90% (v/v) of recycling water and glucose, in 9 days of process. In *L. crinitus* cultivation less cell growth was quantified, but the constitutive production of lacases using 90% (v/v) of recycling water was about 10 times higher than that obtained with *P. albidus*. Considering the reduction of color and electrical conductivity, the results were similar to those achieved in *P. albidus* cultures. With 90% (v/v) of recycle water and glucose supplementation, an average reduction of 30% of electrical conductivity was obtained by *L. crinitus* on the 3rd day of cultivation and 70% of color in 9 days of process. The results presented clean and sustainable alternatives for improving water quality in paper industries with the closure of the water and effluent circuit and with recycled raw materials.

Keywords: fungal cultures; enzymes; paper; closed circuits; contaminants.