

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LETICIA SOTTI SILVA

**INFLUÊNCIA DE PH E TEMPERATURA NA ADSORÇÃO DE CORANTE
UTILIZANDO BIOMASSA FÚNGICA RESIDUAL**

APUCARANA

2023

LETICIA SOTTI SILVA

**INFLUÊNCIA DE PH E TEMPERATURA NA ADSORÇÃO DE CORANTE
UTILIZANDO BIOMASSA FÚNGICA RESIDUAL**

**Influence of ph and temperature on dye adsorption using residual fungal
biomass.**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em engenharia Têxtil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Milena Martins Andrade

Coorientador(a): Caroline Apoloni Cionek

APUCARANA

2023¹

1



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná



Campus Apucarana
COENT – Coordenação do curso superior em Engenharia Têxtil

TERMO DE APROVAÇÃO
Título do Trabalho de Conclusão de Curso:

INFLUÊNCIA DE PH E TEMPERATURA NA ADSORÇÃO DE CORANTE
UTILIZANDO BIOMASSA FÚNGICA RESIDUAL

Por

LETICIA SOTTI SILVA

Monografia apresentada às 14:30 horas do dia 15 de junho de 2023, como requisito parcial, para conclusão do Curso de Engenharia Têxtil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado(a) **APROVADO(A)**.

PROFESSOR(A) MILENA MARTINS ANDRADE – ORIENTADOR(A)

PROFESSOR (A) DAYANE SAMARA DE CARVALHO COLTRE
– EXAMINADOR(A)

PROFESSOR(A) SILVANA FERNANDES MONTANHER
– EXAMINADOR(A)

*A Folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

A Deus que me proporcionou esta oportunidade, me sustentou todos os dias, e foi meu amparo nos momentos de dificuldade.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Milena Martins Andrade, pelo seu apoio, dedicação, por me acompanhar em toda trajetória acadêmica, me inspirar e não medir esforços para realização deste trabalho.

A minha mãe Célia e meu pai Elson que sempre me apoiaram incondicionalmente, e não mediram esforços para realizar esse sonho.

Aos meus irmãos Murillo e Victor por serem minha inspiração, me apoiarem em todos os momentos da minha vida.

A meu esposo Geovani pelo apoio, carinho, amor, paciência e sempre me incentivar seguir firme no meu propósito.

A minha melhor amiga Bruna que esteve comigo desde o início da jornada acadêmica me ajudando, incentivando e torcendo por mim.

Ao meu amigo Higor por estar ao meu lado nessa caminhada, me apoiar e tornar os dias mais leve.

Aos meus amigos, obrigada por fazerem da faculdade os melhores anos de nossas vidas e estarem presente em todos os momentos.

Ao Laboratório Multiusuário da UTFPR Campus Apucarana (LAMAP-AP), pelas análises espectrofotométricas.

E pôr fim à Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Apucarana e seu corpo docente, por todas as oportunidades, ensinamentos e conhecimentos que serão levados para sempre comigo.

Muito obrigada, essa vitória é nossa!

RESUMO

Dentre todas as indústrias do mundo, a indústria têxtil está entre uma das mais poluidoras, gerando grande quantidade de resíduos sólidos e resíduos líquidos, durante quase todos os processos produtivos. Os setores de lavanderia e tingimento produzem grande quantidade de efluentes que necessitam de tratamento adequados para realizar o descarte ou serem reutilizados. Com isso os adsorventes têm sido uma alternativa no tratamento dos efluentes, pois o processo de adsorção é simples e possui custo baixo. Sendo assim, o presente trabalho utilizou a biomassa produzida pelo fungo *Botryosphaeria ribis* EC-01 em processo fermentativo, para o tratamento de soluções contendo os corantes reativos RB222 e BG2G em diferentes concentrações 50 mg/L, 100mg/L e 200mg/L, em tempos determinados até 300 minutos. Para selecionar o pH do meio, foi determinado o ponto de carga zero (PCZ), sendo este valor obtido no pH 5. As soluções do corante BG2G (100mg/L e 200mg/L) foram tratadas com biomassa por 300 minutos com variação de pH (2 e 10) e temperatura (15 e 35 °C). Nos experimentos iniciais com o corante RB222, avaliando-se o tempo, sem ajuste de pH e temperatura, a máxima descoloração ($71 \pm 4,46$) foi obtida utilizando solução de corante a 100mg/L no tempo de 300 minutos. Na segunda etapa de tratamento, variando-se temperatura e pH das soluções contendo o corante BG2G, foi observado que o ajuste de temperatura afetou de forma negativa o processo de descoloração. Por outro lado, o ajuste de pH da solução para pH 2 favoreceu o processo, alcançando 766,34 % de remoção de cor. Este trabalho mostra que a biomassa residual proveniente da fermentação para produção de metabólitos fúngicos é viável para a descoloração de solução contendo corante.

Palavras-chave: biomassa autoclavada, biossorvente; corante reativo, PCZ.

ABSTRACT

Among all industries worldwide, the textile industry is one of the most polluting, generating large amounts of solid and liquid waste during almost all production processes. The laundry and dyeing sectors produce many effluents that require adequate treatment for disposal or reuse. Thus, adsorbents have been an alternative in the treatment of effluents since the adsorption process is simple and has a low cost. Therefore, the present work used the biomass produced by the fungus *Botryosphaeria ribis* EC-01 in a fermentation process, for the treatment of solutions containing the reactive dyes RB222 and BG2G in different concentrations 50 mg/L, 100mg/L and 200mg/L, in determined times up to 300 minutes. The pH of the medium was selected by determining the point of zero charge (PCZ), which was obtained at pH 5. The BG2G dye solutions (100mg/L and 200mg/L) were treated with biomass for 300 minutes with variations of pH (2 and 10) and temperature (15 and 35 °C). In the initial experiments with the RB222 dye, evaluating the time, without adjusting the pH and temperature, the maximum discoloration (71 ± 4.46) was obtained using a dye solution at 100mg/L in 300 minutes. In the second stage of treatment, varying the temperature and pH of the solutions containing the BG2G dye, it was observed that the temperature adjustment negatively affected the discoloration process. On the other hand, the pH adjustment of the solution to pH 2 favored the process, reaching 766.34% of color removal. This work shows that the residual biomass from fermentation for producing fungal metabolites is viable for decolorizing a solution containing dye.

Keywords: autoclaved biomass; biosorbents; reactive dye; PCZ.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da cadeia Têxtil.....	25
Figura 3 - Biomassa fúngica após procedimento de autoclave	34
Figura 4 - Determinação do comprimento de onda do corante reativo azul BG 2G	35
Figura 5 - Curva de calibração corante reativo azul BG2G	35
Figura 6 – Solução corante antes e após o tratamento variando a temperatura	37
Figura 7 – Solução corante antes e após o tratamento variando o pH	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descoloração do corante RB222 nas concentrações avaliadas em função do tempo.	36
Tabela 2 - Biossorção de soluções contendo o corante com a variação de temperatura.....	37
Tabela 3 - Biossorção de soluções contendo o corante com a variação de pH	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
B. ribis	<i>Botryosphaeria ribis</i> EC-01
DQO	Demanda Química de Oxigênio
FSub	Fermentação Submersa
PCZ	Ponto de Carga Zero
pH	Potencial Hidrogeniônico
rpm	Rotação por minuto
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	22
2	JUSTIFICATIVA.....	24
2.1	Objetivos	24
2.1.1	Objetivo Geral.....	24
2.1.2	Objetivos específicos.....	24
3	REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	25
3.1	Indústria têxtil.....	25
3.1.1	Beneficiamento.....	26
3.1.2	Lavanderia Industrial	26
3.2	Corante.....	27
3.2.1	Corante Reativo.....	27
3.3	Tratamento do Efluente	28
3.3.1	Adsorventes.....	29
3.4	Biomassa fúngica.....	29
3.4.1	Botryosphaeria riibs EC-01.....	30
4	MATERIAIS E METODOS	31
4.1	Materiais.....	31
4.2	Métodos.....	31
4.2.1	Preparação da biomassa fúngica	31
4.2.2	Caracterização da biomassa	31
4.2.2.1	Ponto de carga zero (PCZ).....	31
4.2.3	Aplicação da biomassa no tratamento de soluções contendo corantes ..32	
4.2.3.1	Etapa I: Efeito de tempo no tratamento de soluções de corante	32
4.2.3.2	Etapa II: Efeito de temperatura e pH no tratamento de soluções de corante	32
4.2.4	Análises espectrofotométricas e construção da curva padrão	33
4.2.5	Cálculo da porcentagem de descoloração	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5.1	Preparo da biomassa fúngica.....	34
5.2	Determinação do comprimento de onda e curva de calibração.....	34
5.3	Etapa I: Efeito do tempo no tratamento de soluções de corante	36
5.4	Etapa II: Efeito de Temperatura e pH no tratamento de soluções com corante	36

6	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

Os artigos têxteis estão presentes na rotina da humanidade desde os primórdios de sua história. Os primeiros tecidos tinham apenas a função de proteção do corpo contra as condições climáticas (CATOIRA, 2006). Nas últimas décadas, com o desenvolvimento constante de tecnologias e aumento da diversidade de matéria prima houve o aparecimento de uma numerosa variedade de tecidos que buscam atender às mais variadas necessidades da população mundial (PEZZOLO, 2007). E dentre todas as indústrias, o setor têxtil está entre as mais poluidoras do mundo, gerando grande quantidade de resíduos sólidos e líquidos durante seus processos produtivos.

Os processos de lavanderia e tingimento produzem elevados volumes de efluentes. Em ambos há presença de corantes, sendo os mais utilizados do grupo azo e antraquinona (BURKINSHAW, 2016) que são poluentes do meio ambiente, causando, principalmente, a mudança de coloração dos rios. Desta forma, faz-se necessário que esses efluentes sejam tratados de forma adequadas para serem descartados ou reutilizados. Alguns dos tratamentos praticados são caros ou utilizam produtos químicos que podem gerar subprodutos industriais. (GUARATINI, 2000). Com isso, estudos estão sendo realizados para que processos de biodegradação sejam mais utilizados e mais acessíveis às indústrias (GUARATINI, 2000).

A adsorção é uma técnica utilizada para realizar a descontaminação dos efluentes têxteis, na qual o contaminante presente na fase líquida é transferido para o material adsorvente, que geralmente é o carvão ativado, porém tem um alto custo associado, sendo esse um dos fatores que justificam a realização de estudos sobre adsorventes alternativos. Desta forma, a biossorção é uma alternativa viável e sustentável para descontaminação desse efluentes têxteis, uma vez que sugere a utilização de adsorventes alternativos, como biomassas de origem vegetal e resíduos agroindustriais, sendo ambos, abundantes, com baixo custo, alta seletividade e eficiência (GOEDERT, 2017).

O Brasil gera grandes quantidades de resíduos e subprodutos agrícolas e agroindustriais, para reaproveitamento desses, uma alternativa é implementá-los no processamento tecnológico de produtos derivados, ou ainda, utilizá-los como substrato na obtenção de produtos de relevância biotecnológica (TOMBINI, 2015).

Com tudo este trabalho propõem um tratamento de solução de corante utilizando biomassa residual.

2 JUSTIFICATIVA

A indústria têxtil se destaca por produzir grande quantidade de efluentes em quase todos seus processos, e isso gera grande preocupação para a sociedade moderna devido a poluição do meio ambiente.

O corante azul reativo é um dos mais utilizados, principalmente no processo de lavanderia para o jeans, onde são descartados nos efluentes sem os devidos tratamento. Por serem corantes altamente tóxicos, o efluente gerado necessita de tratamento para que possa ser descartado.

Desta forma, este trabalho apresenta uma alternativa para remoção desse corante presente no efluente utilizando biomassa fúngica, propondo o descarte de forma apropriada ou sua reutilização para outros processos.

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo Geral

Utilizar a biomassa proveniente de processo fermentativo na remoção de corante em solução variando-se pH e temperatura.

2.1.2 Objetivos específicos

- Preparar o biossorvente a partir de biomassa fúngica;
- Caracterizar o biossorvente quanto ao ponto de carga zero (PCZ);
- Tratar as soluções de corante azul reativo com o biossorvente;
- Avaliar a influência do pH e temperatura no processo de biossorção;
- Analisar os resultados por espectroscopia UV/VIS.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 Indústria têxtil

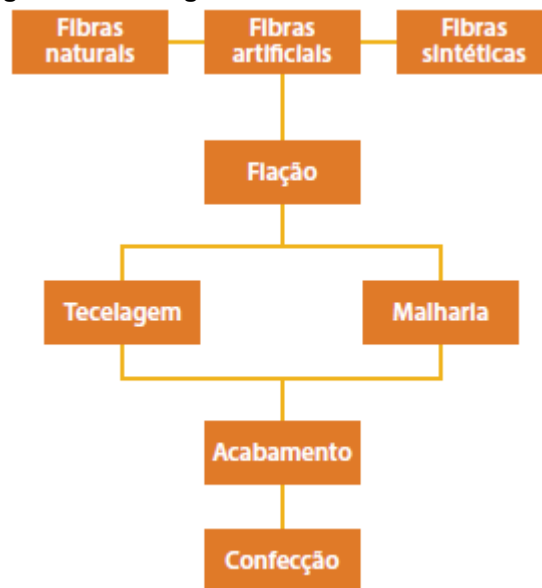
A indústria têxtil tem desempenhado um papel importante no desenvolvimento da civilização humana ao longo de vários milênios, nas dimensões social, cultural, econômica e política, inspirando costumes e tendências pelo mundo. Desta forma, a sociedade criou uma infraestrutura produtiva, que se dividiu em infra segmentos independentes como fiação, tecelagem, malharia, beneficiamento, lavanderia, confecção, entre outros setores, nos quais atendem uma demanda de larga escala seja no mercado interno ou externo (HASANBEIGI e PRICE, 2012; FUJITA; JORENTE, 2015).

Segundo IEMI (2010, p....) o objetivo da indústria têxtil é

[...] transformar fibras em fios, posteriormente transformar fios em tecidos, e num último momento transformar tecidos nos mais diversos tipos de peças, como: vestuário (moda e profissional), peças de cama, mesa e banho e aplicações técnicas).

A Figura 1 apresenta um fluxograma de uma indústria têxtil com seus infra segmentos.

Figura 1 – Fluxograma da cadeia Têxtil



Fonte: Gutierrez (2006)

A indústria têxtil brasileira constitui uma atividade tradicional. Foi uma peça fundamental na estratégia de desenvolvimento da política industrial. Sendo assim através dela, o Brasil iniciou seu processo de industrialização (IMMICH, 2006)

3.1.1 Beneficiamento

O beneficiamento tem por finalidade modificar e introduzir novas características aos substratos têxteis, como capacidade de absorção de água, aumento da resistência, entre outras. O mesmo abrange as etapas de tingimento, estamparia e acabamento (FREITAS, 2002; ALCÂNTARA; DALTIM, 1996).

Segundo Araújo e Castro (1987), o beneficiamento pode ser classificado em três principais tipos: beneficiamento primário, secundário e terciário.

- Beneficiamento primário: consiste em tratamentos que preparam os substratos têxteis para receber os seguintes beneficiamentos.
- Beneficiamento secundário: se trata do tingimento ou estampagem dos substratos.
- Beneficiamento terciário: após passar pelo beneficiamento primário e secundário, o mesmo está sujeito a receber determinados acabamentos, de forma torná-lo mais adequado para sua aplicação.

3.1.2 Lavanderia Industrial

Antigamente, as lavanderias industriais eram lugares que realizava apenas o beneficiamento de jeans confeccionados. Nos dias atuais, as lavanderias se tornaram laboratório de desenvolvimento de produtos, de pesquisa e criatividade. As peças são trabalhadas para estar nas tendências da moda e satisfazer seus consumidores (BUCHERT, 2000).

Utiliza-se a lavanderia para modificar o jeans (denim e poliéster) conforme o que se espera, e a mesma é dividida em três áreas: física (manipulação física), química (produtos químicos) e biológicos (enzimas), onde se define a partir das características que deseja obter para a peça e do custo para realizar o processo (OLIVER, 2022).

Segundo Martins (1997), os processos realizados na lavanderia são utilizados para obter diversos efeitos, principalmente os visuais. Esses efeitos se dão através da máquina e equipamentos utilizados, qualidade da água, da qualidade dos produtos

empregados, do processo adotado, do nível de banho, tempo, carga da máquina e também da temperatura empregada no processamento das peças.

A água dos processos de tingimento, estamparia e acabamento tem que apresentar qualidade superior, já para as etapas de preparação do substrato têxtil a qualidade da mesma pode ser inferior (MONTE; ALBUQUERQUE, 2010).

3.2 Corante

O tingimento de peças confeccionadas tem por finalidade colorir as peças de acordo com as características físicas e químicas da fibra, ou seja, de acordo com os grupos químicos que proporcionarão a ligação fibra-corante e da aplicação final do produto (SALEM; DE MARCHI; MENEZES, 2005).

Os corantes e pigmentos orgânicos podem ser definidos como substâncias intensamente coloridas que, quando aplicadas a um material, lhe conferem cor (ABIQUIM, 2006). Esses corantes são considerados perigosos, pois têm uma estrutura molecular complexa que os torna mais estáveis, e é projetado para resistir ao desbotamento de produtos químicos, luz, Alta temperatura e degradação enzimática devido à lavagem com detergentes (AKSU, 2005).

A classificação dos corantes pode ser de acordo com os tipos de fibra, como os corantes usados em náilon, algodão, poliéster, etc.; pelo método de aplicação no substrato, ou seja, pela forma como são fixados na fibra têxtil (corante ácido, básico, direto, reativo, etc.), e de acordo com sua estrutura química, como: azo, antraquinona, índigo, etc. (WARING, 1990; ALCANTARA, 1996).

3.2.1 Corante Reativo

Os corantes reativos têm sua representatividade entre 20 a 30% dentro dos os corantes utilizados. É muito utilizado devido sua elevada resistência a lavagem, ampla variedade de cores e versatilidade para diferentes métodos de aplicação. Possui um amplo aproveitamento no algodão, lã e celulose, bastante resistentes à degradação natural e também carcinogênicos e mutagênicos (KHATRI et al., 2015; BABU et al., 2007).

Na estrutura dos corantes reativos há três grupos funcionais: grupos reativos, solubilizantes e cromóforo. Os grupos reativos e os grupos hidroxilas das fibras celulósicas que formam ligações covalentes entre si. Os principais grupos de corantes

reativos contem a função azo e antraquinona. Os mesmos possuem estabilidade da cor e alta solubilidade em água (SALEM, 2010; ALCANTARA 1996).

Devido à boa estabilidade dos corantes reativos no processo de lavagem e procedimentos simples de tingimento, seu uso na indústria têxtil continua a crescer. No entanto, eles são os corantes mais amplamente discutidos na literatura porque são solúveis em água e têm baixa fixação nas fibras; na maioria dos casos, eles são perdidos no efluente (ARAUJO, 2006; GUIMARÃES, 2012).

3.3 Tratamento do Efluente

Diversos problemas existentes estão ligados as características dos efluentes têxtil, principalmente a dificuldade de remoção da cor visível, que se dá pela variedade de corantes utilizados no processo que, por causa da elevada massa molecular e estrutura complexa, apresentam uma baixa biodegradabilidade (DEY; ISLAM, 2015).

Cada vez a regulação está mais rigorosa, buscando por tratamentos, técnicas economicamente viáveis (SARATALE et al., 2011). Sendo assim de acordo com a resolução CONAMA 430/11, os efluentes só poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores se obedecerem às condições do pH entre 5 a 9, temperatura inferior a 40°C e ausência de cor e matérias flutuantes.

Os tratamentos físico-químicos tem grande eficácia na remoção de composto com peso molecular alto, cor, toxicidade, sólidos flutuantes e DQO. Porém, além de muitos deles serem onerosos, apresentam baixa eficiência na remoção de DBO e moléculas de baixo peso molecular (BARTHEL, 1998).

A adsorção tem sido muito utilizada no tratamento de efluentes industriais contendo corantes, pois seu processo apresenta elevada eficácia, simples, livre de lodos, e não exige altos custos iniciais, uma vez que o corante é retirado da fase aquosa e transferido para uma fase sólida, ou seja, para o material adsorvente (CARDOSO, 2010). Ainda, há grande interesse em encontrar adsorventes alternativos de baixo custo para remoção de corantes de solução aquosa (GOODELL, 2004).

A descoloração de efluente têxtil também pode ser realizada biologicamente por processos de bioadsorção, biodegradação e bioacumulação. A bioadsorção tem se destacado no tratamento de efluente têxtil (KABBOUT; TAHA, 2014).

3.3.1 Adsorventes

A bioadsorção é definida como um processo físico-químico e o prefixo “bio” significa um organismo vivo, sorvente de origem biológica, biomassa (MOREIRA, 2007).

Na natureza consegue-se encontrar uma ampla variedade de biomassas, que podem ser utilizadas como adsorventes para remoção de poluentes. Atualmente resíduos agrícolas, polissacarídeos e biomateriais de resíduos industrial tem tido mais atenção no mercado. Em especial bactérias, cianobactérias, algas (incluindo Microalgas, macroalgas, algas marinhas), leveduras, fungos e líquenes chamaram muita atenção para a remoção e recuperação de íons metálicos, pois apresentam bom desempenho, baixo custo e disponibilidade em grandes quantidades (MICHALAK, 2013).

Na bioadsorção, a captura de poluentes pela biomassa é um processo passivo que ocorre por meio de interações físico-químicas entre íons e grupos funcionais presentes na superfície da biomassa (KUYUCAK; VOLESKY, 1988). Normalmente a biomassa é composta principalmente por proteínas, lipídios e polissacarídeos, além de vários grupos funcionais que atuam de forma direta na bioadsorção de cátions em soluções líquidas (TALARO; CHESS, 2002).

Para utilizar esses adsorventes em escala industrial, é necessário estudar suas condições ótimas de operação, como pH, massa de adsorvente, concentração do corante em solução e tempo de contato. No entanto, determinar os efeitos desses fatores requer testes experimentais extensivos, que consomem muito tempo e material (GHAEDI et al., 2014, p. 4332).

3.4 Biomassa fúngica

Entre todos os materiais bioadsorventes, as bactérias, cianobactérias, e leveduras se destacam devido sua eficiência e custo baixo. (LI et al., 2017; UTOMO et al., 2016; STAFUSSA et al., 2016). Além das biomassas microbiana, outros biomateriais tem recebido grande interesse, como: o bagaço de cana de açúcar, serragem, folhas, casca de plantas, casca de coco e casca de arroz (MICHALAK; CHOJNACKA; WITEK-KROWIAK, 2013).

Os fungos são micro-organismos que crescem com facilidade e produzem grande quantidade de biomassa. Além do mais, são considerados bons bioabsorventes devido à composição química de suas paredes celulares, que são compostas por vários grupos químicos responsáveis por atrair e reter os metais na biomassa como acetamido da quitina, polissacarídeos estruturais de fungos, aminoácidos e grupos fosfato em ácidos nucleicos, amido, amino, grupos carboxila em proteínas, hidroxilas dos polissacarídeos entre outros, onde os metais ficam adsorvidos através de interações eletrostáticas (GUPTA e RASTOGI, 2009).

3.4.1 *Botryosphaeria riibs* EC-01

Segundo Cunha (2003), os fungos do gênero *Botryosphaeria* são endofíticos e secretam diferentes enzimas como lipases, lacases, pectinases, beta-1,3-glucanases, celulases, xilanases, amilases e inulinases. O fungo *Botryosphaeria riibs* EC-01 foi considerado um bom produtor de lipase quando cultivado em diferentes óleos vegetais, torta de soja e glicerol por FSub e, também, foi capaz de produzir lipase por fermentação em estado sólido, utilizando como substrato a torta de soja entre outros, somente com adição de água (COSTA, 2008; MESSIAS, 2009; ANDRADE et al 2013). Recentemente, o fungo *Botryosphaeria ribis* EC-01 foi avaliado na produção de ácido cítrico utilizando coprodutos agroindustriais como a torta de soja e melaço de cana, atingindo a melhor produção em apenas 13 h (TRINDADE, 2021).

A produção de lipase é determinada pelas variáveis nutricionais e físico-químicas como temperatura, pH, fontes de carbono e nitrogênio e presença de lipídeos, sais inorgânicos, agitação e concentração de oxigênio dissolvido, (SINGH et al., 2012). Os resíduos e coprodutos agroindustriais são excelentes fontes de proteínas e carboidratos (RAMACHANDRAN, 2009) para o cultivo de micro-organismos e produção de enzimas ou outros metabólitos. Durante o processo de fermentação grande quantidade de biomassa é gerada e na maioria das vezes, é descartada como resíduo após a realização de processos fermentativos em escala industrial, enquanto o meio de cultura fermentado é aproveitado para a recuperação do produto de interesse (SCHMIDELL et al., 2001).

A biomassa gerada pode ser utilizada como bioabsorvente para remoção de corante em solução e, posteriormente ser reutilizada no mesmo processo ou em outros, como por exemplo a produção de carvão ativado.

4 MATERIAIS E METODOS

4.1 Materiais

O corante Reactive Blue 222 (RB222) foi utilizado na primeira etapa do estudo e foi cedido pela UTFPR, campus Apucarana.

O corante reativo azul BG 2G-Golden Technology foi utilizado na segunda etapa do estudo e cedido pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná - campus Apucarana.

A biomassa fúngica foi produzida pelo fungo *Botryosphaeria ribis* EC-01 por fermentação submersa utilizando coprodutos agroindustriais (torta de soja e melaço de cana de açúcar) no laboratório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Apucarana.

4.2 Métodos

4.2.1 Preparação da biomassa fúngica

A fermentação submersa para a produção de lipases ou ácido cítrico pelo fungo *Botryosphaeria ribis* EC-01 utilizando coprodutos agroindustriais (torta de soja e melaço de cana de açúcar) gera quantidade elevada de biomassa que contém além de micélio fúngico, substratos não metabolizados pelo fungo. Esta biomassa foi congelada até utilização.

Para o tratamento da biomassa, esta foi colocada em placas Petri, envolvida com papel Kraft e autoclavadas por 20 minutos a 120 °C. Em seguida, as placas foram pesadas e levadas para a estufa a 60°C e o tempo de secagem foi avaliado, sendo pesadas em 24, 36 e 48 h. Após serem retiradas da estufa, foi esperado alcançar a temperatura ambiente e pesadas novamente.

4.2.2 Caracterização da biomassa

4.2.2.1 Ponto de carga zero (PCZ)

O ponto de carga zero ou pH do ponto de carga zero (pH_{PCZ}) é definido como o pH encontra-se neutro, ou seja, sua carga positiva é igual sua carga negativa (FIOL; VILLAESCUSA, 2008 apud SILVA, 2012). O pH de ponto de carga zero (pH_{PCZ}) das amostras foi determinado a partir de suspensões do biossorbente de acordo com método descrito por Uehara (1979). Em dois tubos Eppendorf foram adicionados 2

gramas do biossorbente. Em um dos tubos foi adicionado 5 mL de solução de KCl 1,0 mol L⁻¹ e no outro 5 mL de água ultrapura. Ambos os tubos foram agitados durante 30 minutos na incubadora *shaker* a 150 rpm e após 24 h o pH medido. Cada tudo foi preparado em triplicata. Para calcular o valor de pH_{PCZ} foi utilizado a seguinte equação 2:

$$\text{pH}_{\text{PCZ}} = 2 \cdot \text{pH}_{\text{KCl}} - \text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$$

Sendo,

pH_{KCl}: pH da solução de cloreto de potássio.

pH_{H₂O}: pH da solução da água ultrapura.

4.2.3 Aplicação da biomassa no tratamento de soluções contendo corantes

4.2.3.1 Etapa I: Efeito de tempo no tratamento de soluções de corante

Nesta primeira etapa foi utilizado o corante Reactive Blue 222 (RB222) a partir de uma solução de 200 mg/L, sendo esta diluída para 100 mg/L e 50 mg/L em água destilada.

Em Erlenmeyers de 125 mL, 2,5 g de biomassa fúngica foram misturados com 50 mL da solução do corante a 25°C e 150 rpm na incubadora *shaker*. A cada tempo (30 min, 60, 120 e 300 minutos), 4 mL da solução foram pipetados e transferidos para tubos Falcon e armazenados a 4 °C até análise. O experimento foi realizado em triplicadas para cada concentração.

4.2.3.2 Etapa II: Efeito de temperatura e pH no tratamento de soluções de corante

Nesta segunda etapa o corante reativo azul BG 2G-Golden Technology foi utilizado a partir de uma solução padrão com concentração de 200 mg/L e diluído para as concentrações de 50 mg/L e 100mg/L em água destilada.

Em Erlenmeyers de 125 mL 2,5 g de biomassa fúngica foi misturado com 50 mL da solução do corante em concentrações distintas de 50 mg/L, 100 mg/L e 200 mg/L nas temperaturas de 25°C e 35°C e 150 rpm durante 5 h. O experimento foi realizado em triplicadas de cada concentração. De forma similar, foi testado os valores de pH 2 e 10.

4.2.4 Análises espectrofotométricas e construção da curva padrão

As análises das soluções dos corantes reativos azul RB222 e BG 2G antes e após o tratamento foram realizadas em um espectrofotômetro UV-VIS Cary 60-G6860A (Agilent). Curvas de calibração padrão foram realizadas correlacionando a absorbância obtida com as concentrações conhecidas dos corantes variando entre 0,05 e 200 mg.L⁻¹.

4.2.5 Cálculo da porcentagem de descoloração

Após as análises das soluções por espectroscópica ultravioleta-visível (UV-Vis), os cálculos foram realizados através da equação 1:

$$\% \text{ Descoloração} = \frac{A_{inicial} - A_{final}}{A_{inicial}} \times 100$$

Sendo,

$A_{inicial}$: absorbância inicial.

A_{final} : absorbância final.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Preparo da biomassa fúngica

A biomassa foi autoclavada em uma temperatura de 120 °C durante 20 minutos. Após este processo, foi determinado que o tempo ideal para a secagem foi 48 horas, uma vez que, após este tempo, não houve variação de peso. A figura 3 apresenta a biomassa após o procedimento.

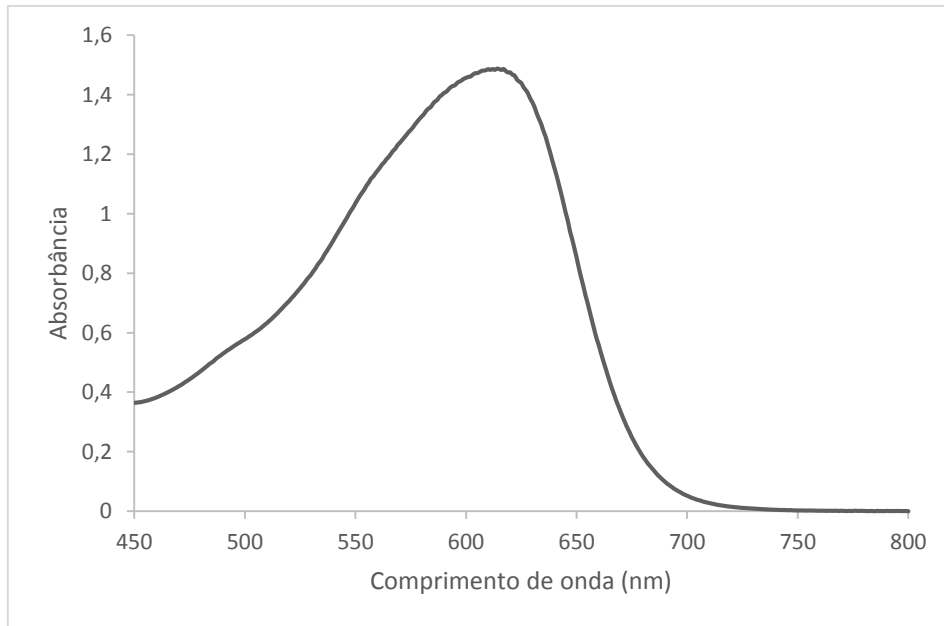
Figura 2 - Biomassa fúngica após procedimento de autoclave



Fonte: Autoria própria 2023

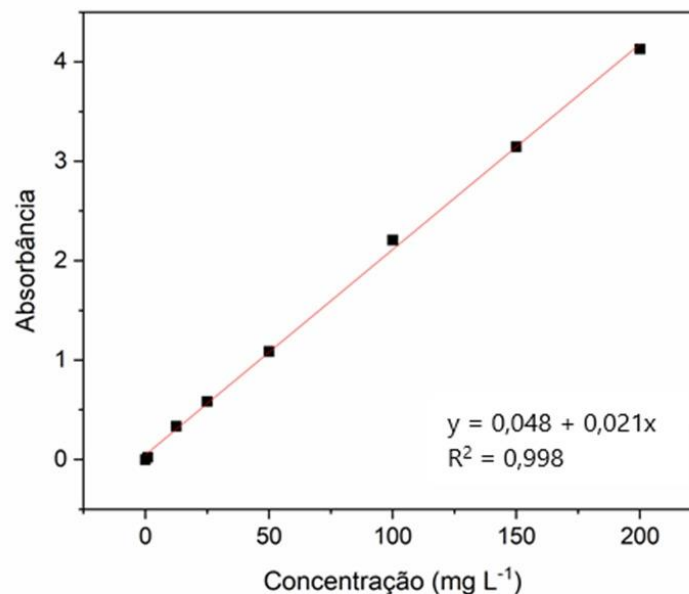
5.2 Determinação do comprimento de onda e curva de calibração

Com o objetivo de verificar a redução de cor característica dos corantes sintéticos reativos RB222 e BG 2G após o tratamento das soluções com biomassa, soluções destes corantes foram avaliados quanto ao comprimento de onda máxima por varredura de 200 a 800 nm. A máxima absorbância atingida foi obtida no comprimento de onda de 614 nm para os dois corantes. Na Figura 3 é possível verificar o comprimento obtido para o corante BG2G.

Figura 3 - Determinação do comprimento de onda do corante reativo azul BG 2G

Fonte: Autoria própria (2021)

Curvas padrão para os corantes reativos RB222 e BG 2G foram obtidas utilizando-se concentrações de 0,05 e 200 mg.L⁻¹, como pode ser observado na Figura 5 para o corante BG2G. Esse procedimento tem o objetivo de determinar a quantidade (mg.L⁻¹) de corante em cada etapa do tratamento. Essa curva é uma relação linear entre a concentração e a resposta obtida. Essa relação é desenvolvida para prever as concentrações desconhecidas do analito em questão.

Figura 4 - Curva de calibração corante reativo azul BG 2G

Fonte: Autoria própria (2021)

5.3 Etapa I: Efeito do tempo no tratamento de soluções de corante

A aplicação de biomassa fúngica autoclavada às soluções de corante em diferentes concentrações foi realizada com agitação de 150 rpm no tempo de até 5 horas. A Tabela 1 exibe os resultados alcançados ao tratar as soluções contendo corante nas concentrações de 50 mg/L, 100 mg/L e 200 mg/L. Com o tratamento das soluções, foi possível observar uma descoloração de até $71 \pm 4,46$ % da solução que continha 100 mg/L de corante em um período de 5 horas. No mesmo período, a solução mais concentrada 200 mg/L alcançou um resultado semelhante de 70%.

Tabela 1 – Descoloração do corante RB222 nas concentrações avaliadas em função do tempo.

Concentração (mg/L)	Tempo (min)	ABS	[BG2G] (mg.L⁻¹)	% de descoloração
50	0	1,12	53,60	0
	30	0,67	32,05	40 ± 2,13
	60	0,66	31,62	41 ± 0,12
	120	0,66	31,43	41 ± 4,72
	300	0,57	27,14	49 ± 3,74
100	0	2,17	103,33	0
	30	1,17	55,71	46 ± 0,92
	60	0,88	41,90	59 ± 4,65
	120	0,82	39,05	62 ± 2,42
	300	0,62	29,52	71 ± 4,46
200	0	3,42	161,90	0
	30	2,13	101,43	37 ± 3,63
	60	1,66	79,05	51 ± 1,85
	120	1,35	64,29	60 ± 3,05
	300	1,02	48,57	70 ± 0,23

Fonte: Autoria própria (2023)

A remoção de cor da solução menos concentrada (50 mg/L) foi menos eficiente com máximo de 49 % de descoloração durante todo o experimento. Para a próxima etapa de variação de temperatura e pH foram as concentrações de 100 e 200 mg/L.

5.4 Etapa II: Efeito de Temperatura e pH no tratamento de soluções com corante

Nessa etapa foi realizada a variação de temperatura entre 15°C e 35°C e pH 2 e 10, com o mesmo tempo de interação de 5 horas.

Os resultados obtidos com a aplicação da biomassa fúngica na adsorção do corante são apresentados na Tabela 2, com variação somente na temperatura. Pode-se notar que a aplicação da biomassa em conjunto com o corante, em concentração de 200 mg/L, resultou na descoloração de 51% e 32% nas temperaturas de 15° e 35°, respectivamente. Para a concentração de 100 mg/L obteve-se uma descoloração de 54% em ambas as variações de temperaturas.

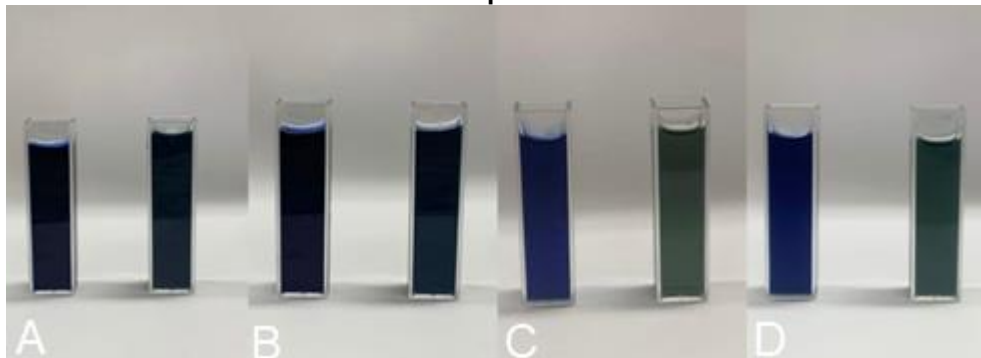
Tabela 2 – Tratamento das soluções contendo o corante BG2G com variação de temperatura

Concentração (mg/L)	Temperatura	% descoloração
100	15°C	54,0 ± 3,56
	35°C	54,0 ± 1,84
200	15°C	51,0 ± 6,12
	35°C	32,0 ± 2,36

Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 6A e 6B é mostrado as soluções do corante BG2G nas concentrações de 100 mg/L 200 mg/L, respectivamente antes do tratamento com a biomassa. Na Figura 6C e 6D é mostrado as mesmas soluções após tratamento com biomassa nas temperaturas de 15 °C (primeira cubeta) e 35 °C (segunda cubeta).

Figura 5 – Soluções do corante BG2G antes (A e B) e após o tratamento (C e D) variando-se a temperatura



Fonte: Autoria própria (2023)

Na Tabela 3 é possível verificar os resultados obtidos na descoloração de soluções de corante com a variação dos valores de pH utilizados. A escolha dos valores de pH para estudo foi feita com base no PCZ da biomassa que foi de 5.

Segundo SILVA. et al., (2010), este parâmetro é importante, pois a partir dele, é possível prever a carga na superfície do adsorvente em função do pH e, por conseguinte, avaliar porque a adsorção ocorre de maneira mais eficiente em um pH determinado do que em outro.

Sendo assim, obteve-se o valor de pH 5 através da equação 2. Optou-se pelos valores mais afastados, como 2 e 10, para realizar o processo de descoloração. Conforme os dados da tabela, o pH teve uma relação direta com o processo de descoloração da solução.

Tabela 3 – Tratamento das soluções contendo o corante BG2G com variação de pH

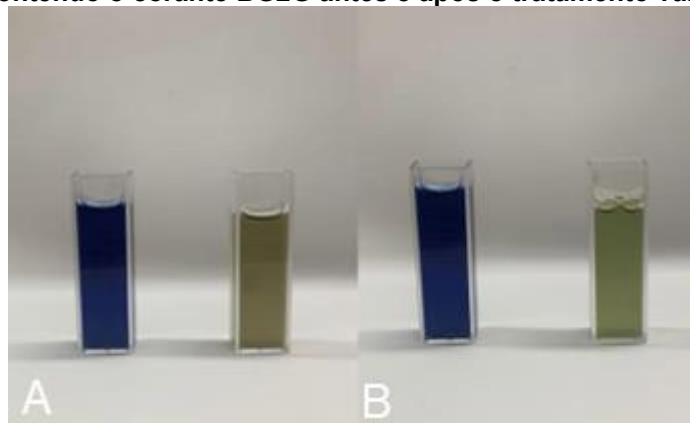
Concentração (mg/L)	pH	% descoloração
100	pH 2	76± 6,34
100	pH 10	58 ± 3,87

Fonte: A autoria própria (2023)

Ao alterar o pH para 2, foi possível obter uma descoloração de 76± 6,34 %, valor superior ao obtido nas condições iniciais. Isso pode ser devido porque em meio ácido, a superfície da biomassa tem carga negativa predominante, o que favorece a adsorção de compostos aniônicos, como a solução de corante reativo.

A Figura 7A mostra a variação de cor de solução de corante a 100 mg/L e pH 10 antes e após o tratamento. A Figura 7B mostra a variação de cor de solução pH 2. A remoção de cor da solução é nítida e foi comprovada pelas análises de UV-VIS

Figura 6 – Soluções contendo o corante BG2G antes e após o tratamento variando-se o pH



Fonte: A autoria própria (2023)

Este trabalho indica que a biomassa autoclavada de *Botryosphaeria ribis* EC-01 foi eficiente na descoloração de solução contendo corante com ou sem ajuste de pH, visto que mínimo de 71± 4,46 % de descoloração foi obtida.

Kabbout e Taha (2014) relataram remoção de 71 % do corante azul de metileno (12 mg/L) em 210 minutos utilizando a biomassa de *Aspergillus fumigatus*. Em outro estudo, a biomassa do fungo *Aspergillus sp* foi utilizada para tratar soluções contendo o corante indigosol dye blue com remoção de 54,7 % em 24 h (DEWI et al., 2020).

6 CONCLUSÃO

No atual estudo foi possível avaliar a habilidade de descoloração através da biomassa autoclavada do fungo *Botryosphaeria ribis* EC-01. Na primeira etapa, avaliando-se o tempo de descoloração, a máxima descoloração ($71 \pm 4,46$) foi obtida utilizando solução do corante RB222 a 100 mg/mL no tempo de 300 minutos.

Na segunda etapa, variando-se a temperatura e pH, foi verificado que a temperatura afetou de forma negativa o processo, enquanto que o ajuste de pH da solução para pH 2 favoreceu a descoloração da solução, alcançando $76 \pm 6,34$ % de remoção de cor.

Este trabalho mostra que a biomassa resultante do processo de fermentação para produção de metabólitos fúngicos foi favorável na descoloração de soluções contendo corantes reativos.

REFERÊNCIAS

- ABIQUIM, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA. **Corantes e Pigmentos**. 2006a,. Disponível em: <<http://www.abiquim.org.br/corantes/cor.asp>>_ Acesso em: 11 ago. 2009.
- ADEWURY, A. **Chemically Modified Biosorbents and Their Role in the Removal of Emerging Pharmaceutical Waste in the Water System**. *Water*, v. 12, n. 6, p. 1-31, 2020. DOI: 10.3390/w12061551.
- AKSU, Zümriye.; TEZER, Sevilyay. **Biosorption of reactive dyes on the green alga *Chlorella vulgaris***. *Process Biochem*, Ancara, v. 40, p. 1347-1361, mar. 2005
- ALCÂNTARA, M. R.; DALTIM, D. **A química no processamento têxtil**. *Química Nova*, 1996:19(3); 320- 30.
- AMDA. **Indústria têxtil consome 93 bilhões de metros cúbicos de água por ano**. 2018. Disponível em: <<https://www.amda.org.br/index.php/comunicacao/informacoes-ambientais/5240-industria-textil-consome-93-bilhoes-de-metros-cubicos-de-agua-por-ano>>. Acesso em: 12 Abril 2020.
- ANDRADE, Milena Martins. **Produção e imobilização da lipase de *Botryosphaeria ribis* EC-01 e aplicações**. 2013. 212 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.
- ARAUJO, F.V.F., YOKOYAMA, L. **Remoção de cor em soluções de corantes reativos por oxidação com H₂ O₂ /UV**. *Química Nova*, 2006, 29 (1): 11-14.
- ARAÚJO, Mário; CASTRO, E. M. de Melo e. **Manual de Engenharia Têxtil**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1987. 2 v
- BABU, B. R et al. **Cotton Textile processing: waste generation and effluent treatment**. *The Journal of Cotton Science*, v. 11, n. 3, p. 141-153, 2007.
- BARTHEL, L. **Estudo de Biofilme Desenvolvido em Reator de Leito Fluidizado Trifásico Aeróbio no Tratamento de Efluentes Têxteis**. 1998. Dissertação de Mestrado, UFSC, Florianópolis, SC, 80p. 1998.
- BLUCHER: **Golden Tecnologia**, 2010.
- BRASIL - **Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)** - Resolução n. 430 de 13 de maio de 2011.
- BUCHERT, J. **Treating denim fabrics with *Trichoderma Reesei* Cellulose**. *Textile Research Journal*, v. 70, p. 969-973, 2000
- BURKINSHAW, S. **Physico-chemical aspects of textile coloration**. Ed. Society of Dyers and Colorists. Reino Unido. 2016.
- CARDOSO, N. F. **Remoção do corante azul de metileno de efluente aquoso utilizando casca de pinhão in natura e carbonizada como adsorvente**. 2010, 54f.

Dissertação (Mestrado em Química). Programa de Pós Graduação em Química. Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

CATOIRA, L. **Jeans, a roupa que transcende a moda**. Aparecida, SP: Idéias & Letras, 2006.

COSTA, B. Z. **Produção de lipases e lacases por Botryosphaeria ribis EC-01 e Botryosphaeria rhodina MAMB-05 sob fermentação em fase sólida, em tortas de soja, milho, mamona e azeitona**. 2008. 106 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Química, CCE) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

CUNHA, M. A. A.; BARBOSA, A. M.; GIESE, E. C.; DEKKER, R. F. H. **The effect of carbohydrate carbon sources on the production of constitutive and inducible laccases by Botryosphaeria sp.** Journal of Basic Microbiology, v. 43, p. 385-392, 2003.

DEY, S.; ISLAM, A. **A review on textile wastewater characterization in Bangladesh**. Resources and Environment, v.5, n.1, p.15-44, 2015

DEWI, R. S.; et al. **Bioremediation of Indigosol Blue 04B Batik Effluent by Indigenous Fungal Isolates, Aspergillus spp.** Omni-Akuatika, v. 14, n. 2, p. 11- 20, 2020.

FREITAS, Kátya Regina de. **Caracterização e reuso de efluentes do processo de beneficiamento da indústria têxtil**. 2002. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

FUJITA, Mayumi; JORENTE, Maria José Vicentini. **A indústria têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural**. Moda Palavra e-periódico, v. 8, n. 15, p. 153-174, 2015.

GAYLARDE, Cristine C.; BELLINASSO, Maria L.; MANFIO, Gilson P.; **Biorremediação: Aspectos biológicos e técnicos da biorremediação de xenobióticos**. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento. n. 34, 2005.

GHAEDI, A. M.; VAFAEI, A. **Applications of artificial neural networks for adsorption removal of dyes from aqueous solution: A review**. Advances in Colloid and Interface Science, v. 245, n. April, p. 20–39, 2017.

GOEDERT, Bruna S.C. **Biossorção do Corante Têxtil Reativo Azul 5G Comparando Resíduos Industriais Casca de Soja e Serragem**. 2017. 90 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2017.

GOODELL, B.; QIAN, Y.; JELLISON, J.; RICHARD. M.; **Water Environ. Res.** 2004, 76,2703.

GUARATINI, C. Z. M.. **Corantes Têxteis**. Química Nova. v. 23, p. 71-78. 2000.

GUIMARÃES, J. R.; MANIERO, M. G.; ARAÚJO, R. N. **A comparative study on the degradation of RB-19 dye in an aqueous medium by advanced oxidation processes**. Journal of Environmental Management, 2012, 110: 33-39.

GUPTA, V.K. & RASTOGI, A. (2009) **Biosorption of hexavalent chromium by raw and acid treated green alga *Oedogonium* from aqueous solutions.** Journal of Hazardous Materials, v. 163, n. 1, p. 396-402.

GUTIERREZ, P. L. **Aprender a empreender: Têxtil e confecção.** Brasília: Sebrae, 2006.

HASANBEIGI A., PRICE L., A review of energy use and energy efficiency technologies for the textile industry. Renewable and Sustainable Energy Reviews, n. 16, p. 3648-3665, 2012.

IEMI, Instituto de Estudos e Marketing Industrial. **Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira 2010.** Disponível em: . Acesso em: 20 nov. 2012.

IMMICH, A.P.S. **Remoção de corantes de efluentes têxteis utilizando folhas de *Azadirachta indica* como absorvente.** Florianópolis: UNSC, 2006.

KABBOU, R.; TAHA, S. **Biodecolorization of textile dye effluent by biosorption on fungal biomass materials.** Physics Procedia, v. 55, p. 437–444, 2014.

KHATRI, Awais et al. **A review on developments in dyeing cotton fabrics with reactive dyes for reducing effluent pollution.** Journal of Cleaner Production, v. 87, p.50-57, jan. 2015

KOPRIVANAC, N. et al. **Influence of iron on degradation of organic dyes in corona.** Journal of Hazardous Materials, v. 117, p. 113-119, 2005.

KUYUCAK, N; VOLESKY, B. **Biosorbents for recovery of metals from industrial solutions.** Biotechnol Left, v.10, n. 2, p.137-142, 1988.

LI, Q. et al. **Inducible microbial osmotic responses enable enhanced biosorption capability of cyanobacteria.** Biochemical Engineering Journal, 2017.

MARTINS, G.B.H. **Práticas limpas aplicadas às indústrias têxteis de Santa Catarina.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, p.95,1997.

MENDES, S.S; FERRARI-LIMA, A.M.; SOUZA, R. P.; FERNANDES- MACHADO, N.R.C. **influência da estrutura química dos corantes têxteis reativos na descoloração fotocatalítica utilizando catalisadores suportados em zeólita.** Química Têxtil, [S. l.], p. 18-28, jun. 2014. Disponível em: https://www.abqct.com.br/wp-content/uploads/2019/05/QT_115.pdf. Acesso em: 30 jun. 2021.

MESSIAS, J. M., da Costa, B. Z., de Lima, V. M. G., Dekker, R. F. H., Rezende, M. I., Krieger, N., et al. (2009). **Screening *Botryosphaeria* species for lipases: production of lipase by *Botryosphaeria ribis* EC-01 grown on soybean oil and other carbon sources.** Enzyme and Microbial Technology, 45, 426–431.

MICHALAK, I.; CHOJNACKA, K.; WITEK-KROWIAK, A. **State of the art for the biosorption process - A review.** Applied Biochemistry and Biotechnology, v. 170, n. 6, p. 1389–1416, 2013.

- MISHARA, S.H. & DOBLE, M. (2008) **Novel chromium tolerant microorganisms: isolation, characterization and their biosorption capacity**. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 71, n. 3, p. 874-879,
- MONTE, H. M., ALBUQUERQUE, A. **Reutilização de Águas Residuais**. Lisboa: Entidade Reguladora de Águas e Resíduos / Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2010.
- MOREIRA, A. S., **Biossorção utilizando alga marinha (Sargassum sp.) aplicada em meio orgânico**, 2007.
- OLIVER, Media. **Tecido denim e suas lavagens. Dinâmica Lavanderia Industrial**. Disponível em: <<https://www.dinamicalavanderia.com.br/curiosidades8.php>>. Acesso em 11 de maio de 2022.
- PEZZOLO, D. B. **Tecidos: história, tramas, tipos e usos**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2007.
- RAMACHANDRAN, S., Singh, S. K., Larroche, C., Soccol, C. R., & Pandey, A. (2007). **Oil cakes and their biotechnological applications—a review**. *Bioresource Technology*, 98, 2000–2009.
- SALEM, V., DE MARCHI, A., MENEZES, F. G. **“Beneficiamento Têxtil na Prática”**. Golden Química. São Paulo, 2005.
- SALEM, V. **Tingimento Têxtil: fibras, conceitos e tecnologias**. São Paulo, 2010:
- SARATALE, G. D., SARATALE, J. S., CHANG, S. P., GOVINDWAR. **Bacterial Decolorization and Degradation of Azo Dyes: A Review**, *Journal of Taiwan Institute of Chemical Engineers*, v. 42, n.1, p. 138-157, 2011.
- SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. **Biotecnologia industrial**. v. 2, *Engenharia bioquímica*. 2001. Editora Edgard Blücher. p.5-10.
- SINGH, A. K.; MUKHOPADHYAY, M. **Overview of fungal lipase: a review**. *Applied biochemistry and biotechnology*, v.166, n. 2, p.486–520, 2012.
- SINGH, S.; WASEWAR, K. L.; KANSAL, S. K. **Low-cost adsorbents for removal of inorganic impurities from wastewater**. In: DEVI, P.; SINGH, P.; KANSAL, S. K. (ed.). *Inorganic Pollutants in Water*. Elsevier, 2020. cap. 10, p. 173-203.
- SILVA, M. V. R. **Adsorção de cromo hexavalente por carvão ativado granulado comercial na presença de surfactante aniônico (LAS)**. 2012. 80f. Dissertação (Mestre em Engenharia Química). Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.
- STAFUSSA, A. P. et al. **Biosorption of anthocyanins from grape pomace extracts by waste yeast: kinetic and isotherm studies**. *Journal of Food Engineering*, v. 169, p. 53–60, 2016.
- STAMETS, P. (2005) **Myceliumrunning: How mushrooms can help save the world**. Book.
- TRINDADE, V. S. C. O.; TONIN, L. T. D.; ANDRADE, M. M. **Produção de ácido cítrico por *Botryosphaeria ribis* EC-01 em fermentação submersa utilizando resíduos**

agroindustriais. In: **Anais do IV Simpósio de Graduação e Pós-Graduação**. Curitiba, p. 233-234, 2021.

UTOMO, H. D. et al. **Biosorption of Heavy Metal by Algae Biomass in Surface Water**. Journal of Environmental Protection, v. 7, n. 11, p. 1547–1560, 2016.

TALARO, K. P.; CHESS, B. **Foundations in microbiology**. 4. ed. Pasadena: McGraw-Hill Education, 2002.

TOMBINI, Jessica. **Selection of lipolytic microorganisms and lipase production from soy processing byproducts**. 2015. 73p. Master Thesis in Technology of Chemical and Biochemical Process – Technological Federal University of Paraná. Pato Branco, 2015.

WARING, D. R.; Hallas, G.; **The Chemistry and Application of Dyes**, Plenum Press:New York, 1990.