



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI
CAMPUS ALTO PARAPEBA- CAP
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS

**BIOPROSPECÇÃO DE MICRORGANISMOS QUE DEGRADAM O CORANTE
VERMELHO DE METILA PARA APLICAÇÃO EM TRATAMENTO DE EFLUENTES
NA INDÚSTRIA TÊXTIL**

Thamires Furtado Ribeiro

Orientadora: Prof. M.^a Katialaine Araújo

Ouro Branco,
MG 2018

**BIOPROSPECÇÃO DE MICRORGANISMOS QUE DEGRADAM O CORANTE
VERMELHO DE METILA PARA APLICAÇÃO EM TRATAMENTO DE EFLUENTES
NA INDÚSTRIA TÊXTIL**

Thamires Furtado Ribeiro

Trabalho de conclusão de curso apresentado
em cumprimento às exigências do Curso de
Bacharelado em Engenharia de Bioprocessos
da Universidade Federal de São João Del-Rei.

Orientadora: Prof. M^a. Katialaine Araújo

**Ouro Branco,
MG 2018**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO

JOÃO DEL-REI CURSO DE

ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS

**BIOPROSPECÇÃO DE MICRORGANISMOS QUE DEGRADAM O
CORANTE VERMELHO DE METILA PARA APLICAÇÃO EM
TRATAMENTO DE EFLUENTES NA INDÚSTRIA TÊXTIL**

Thamires Furtado Ribeiro

A banca examinadora, composta pelos membros abaixo, avaliou este TCC.

Katialaine Araujo – Orientadora.

Edson Nucci – Examinador- 1.

Thamires Durso – Examinadora- 2.

Ouro Branco __/__/__

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela fé inabalável e por me dar a paz que preciso pra seguir.

Aos meus pais e irmãos, pelo carinho, apoio e incentivo.

À profa. Katialaine Araujo pela orientação e dedicação.

Aos colegas que participaram comigo em todos os projetos acadêmicos, pela amizade e apoio.

Aos colegas de Graduação pelo companheirismo.

As amigas da República Pirei, pela amizade, convivência e bons momentos compartilhados.

Aos professores do Departamento de Engenharia Química e Bioprocessos pelos ensinamentos.

A todos aqueles que de certa forma direta ou indireta contribuíram pela realização deste trabalho.

RESUMO

As Indústrias têxteis contribuem nas contaminações ambientais em corpos de água, o problema se torna mais preocupante devido ao baixo nível de eficiência de remoção da cor e a elevada produção de resíduos, devido ao uso de corantes que são empregados durante as etapas de processamento e são descartados de maneira inadequada. Os efluentes gerados pelas indústrias têxteis possuem uma composição bastante complexa devido à diversidade de corantes aplicados. Os corantes utilizados apresentam baixa toxicidade, porém o descarte diário destes resíduos provoca impactos ambientais e riscos à saúde e isso ocorre em virtude da forte coloração e da difícil degradação. Atualmente, vem sendo empregados tratamentos físicos, químicos e biológicos nos resíduos gerados pelas pequenas e grandes indústrias, porém os processos biológicos vêm ganhando um especial espaço no ramo por ser um tipo de tratamento bastante promissor, pois é de baixo custo, acessível e não necessita de substâncias químicas durante o seu processo. A utilização e aplicação de microrganismos é um processo simples. O presente trabalho teve como objetivo isolar e bioprospectar diversos microrganismos capazes de degradar efluentes simulados na indústria têxtil. Os microrganismos foram coletados e isolados a partir da banana, pão, esterco, solo, requeijão e madeira, podendo ser produtores de algumas enzimas. Essas enzimas podem auxiliar na biodegradação e descoloração de corantes presentes em efluentes das indústrias.

Palavras-chave: Indústria têxtil, corantes, efluentes, biodegradação, enzimas.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	7
2. Objetivo.....	9
2.1. Objetivos específicos.....	9
3. Revisão da literatura.....	10
3.1. Indústria têxtil.....	10
3.2. Corantes.....	14
3.3. Efluente da indústria têxtil.....	16
3.3.1. Processos Biológicos.....	17
3.4. Microrganismos na degradação de corantes.....	19
3.5. Enzimas.....	20
4. Material e Métodos.....	21
4.1. Obtenção dos microrganismos.....	21
4.2. Isolamento e manutenção das culturas.....	21
4.3. Seleção dos microrganismos.....	22
4.4. Teste quantitativo de degradação do corante.....	22
5. Resultados e Discussão.....	23
6. Conclusão.....	29
7. Referências Bibliográficas.....	30

1. INTRODUÇÃO

A água é essencial na manutenção da vida, sendo o constituinte mais abundante nos organismos vivos. Estima-se que cerca de 0,8% da água disponível no mundo pode ser utilizada no abastecimento público, e desta fração 3% se apresenta na forma de utilização mais simples e fácil. Tais dados mostram a relevância da preservação dos recursos hídricos, ressaltando a importância de se evitar a contaminação dessas pequenas frações de água disponível. Existem diversas fontes de poluição das águas, tais como residenciais, instituições, estabelecimentos comerciais e industriais (ARAÚJO *et al.*, 2002).

Os problemas ambientais vêm crescendo de forma gradativa ao longo dos anos. O aumento do impacto causado pelo homem no ambiente está intrinsecamente relacionado ao contínuo crescimento populacional e ao elevado aumento da atividade industrial experimentado nos dois últimos séculos. As contaminações dos corpos de água naturais têm trazido grandes complicações à sociedade. Os rejeitos produzidos em geral, contêm poluentes resistentes e tóxicos aos sistemas convencionais de tratamento (KUNZ *et al.*, 2002).

Dentro deste contexto a indústria têxtil ocupa um lugar especial, pois é considerada uma das atividades mais poluidoras de todos os setores industriais por causa da grande geração de efluentes, devido à complexidade dos mesmos, que quando não descartados e tratados corretamente podem causar graves problemas de contaminação ambiental. Isso resulta da geração de efluentes cuja carga de poluentes provém não somente da remoção de impurezas das próprias matérias-primas, mas também dos reagentes químicos residuais usados nos processos. Os reagentes que são utilizados nos processos têxteis apresentam uma composição muito diversificada, incluindo compostos orgânicos e inorgânicos.

As indústrias têxteis são grandes poluidoras e no Brasil contribui nas contaminações em regiões que transformam fibras naturais e sintéticas em tecidos e diversos outros produtos (SAUER *et al.*, 2002). O maior problema no tratamento desses efluentes reside na presença dos corantes, provenientes principalmente das etapas de tingimento (ARAÚJO *et al.*, 2002). Durante a etapa de tingimento existem processos importantes, como a montagem, fixação e o tratamento final. O processo de tingimento é essencial no sucesso comercial dos produtos têxteis (GUARATINI & ZANONI, 2000).

Os corantes têxteis são os responsáveis pela coloração de águas residuárias, devido à mistura de compostos com estrutura molecular complexa dos corantes. Um dos primeiros corantes sintéticos empregados como agentes colorantes de lã e algodão foram os azocorantes. Tais corantes são utilizados em uma variedade de aplicações, principalmente na indústria têxtil e foi aí que surgiu a denominação azocorante. Um azocorante bastante conhecido e utilizado é o vermelho de metila, é um indicador de pH que se torna vermelho em soluções ácidas (PRADO *et al.*, 2009). Devido às implicações ambientais, novas tecnologias têm sido buscadas para a degradação ou imobilização dos compostos em efluentes têxteis. Estudos de degradação vêm mostrando diversos microrganismos que são capazes de catabolizar moléculas recalcitrantes. Atualmente os fungos basidomicetos são considerados decompositores e se mostram eficientes na degradação de uma elevada variedade de compostos e corantes. A utilização de fungos e bactérias tem aparecido como uma das alternativas de biodegradação de grande potencial (FORGIARINI *et al.*, 2006).

O emprego de enzimas produzidas por fungos decompositores em diversos itens tem ganhado interesse na atualidade e tem sido objeto de estudo, permitindo a exploração em utilizações tecnológicas de importância para o mundo moderno (AGUIAR & FERRAZ, 2011).

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

Este trabalho teve como objetivo bioprospectar microrganismos capazes de degradar efluente simulado da indústria têxtil.

2.1. Objetivos Específicos

- I. Bioprospectar e isolar microrganismos de amostras com elevada biodiversidade;
- II. Selecionar microrganismos capazes de degradar o corante com base em testes qualitativos (formações de halos de degradação);
- III. Avaliar a extensão de degradação por meio de testes quantitativos.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Indústria têxtil

Na cadeia produtiva têxtil as fibras mais conhecidas encontram-se na natureza: seda, lã, os pelos, as crinas de origem animal, os caules que permitem a extração de fibras de origem vegetal. Ao longo dos anos diversos eventos impactaram positivamente o setor têxtil. A partir do século XVIII o tecido de algodão passou a ser usado não somente para forros ou artigos domésticos, mas também para roupas da alta sociedade aumentando a venda e valorizando a busca pelo produto. A industrialização da lã também começou a ter destaque, passando a ser usada inclusive pela alta sociedade, pois anteriormente este tipo de tecido só era usado por classes mais baixas (FERRAZ, 2007). Nos anos 20 e 30, ocorreram algumas mudanças na indústria de roupas. Neste período foi possível traduzir as medidas masculinas para um padrão de roupa feita em fábrica. Já nos anos 40, a produção de roupa barata estava mais ligada ao desenvolvimento de métodos de fabricação modernos que envolviam rapidez, preço, dentre outros fatores. Depois do fim da guerra mundial nos anos 50, houve melhoria nas condições de vida e com isso, o crescimento de uma sociedade consumidora. Já na metade da década de 60, quase metade das roupas industrializadas eram destinadas à faixa etária entre 15 a 19 anos de idade (FERRAZ, 2007).

No Brasil, existem relatos da prática de tecelagem desde os tempos primórdios. No entanto, em 1785 houve uma proibição da confecção têxtil no país, levando quase extinção desta atividade. Apesar da proibição, a tecelagem sobreviveu nas regiões mais afastadas. O sul de Minas Gerais conservou essa tradição, sendo hoje um dos mais importantes pólos têxteis do país (Desenvolvimento da indústria têxtil, 2009). Por volta de 1974 a 1989, o campo têxtil brasileiro passou por uma situação de proteção do governo, o que propiciou seu estabelecimento. O mercado fechado às importações com concorrência pequena proporcionava lucro, mas não estimulava a competitividade. Porém, se por um lado a política cambial protegia o mercado interno, por outro, o setor têxtil enfrentava dificuldades em sua modernização tecnológica, pois dependia de importações de máquinas e equipamentos (ABREU, 2008).

No início dos anos 90, houve uma ação em direção à liberalização financeira externa e eliminação de obstáculos protecionistas contra a importação. Tais medidas conduziram a economia brasileira a uma maior adaptação aos fluxos de capitais. Com a abertura comercial, foram adotados diversos programas de racionalização pelas empresas no Brasil, o que levou ao aumento da produtividade no setor têxtil. Neste mesmo período foi estabelecida uma política comercial com a criação do Programa de Apoio à Capacitação Tecnológica, Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade e Programa de Competitividade Industrial. Mesmo que tais programas não tenham sido de fato empregados, já possuíam certa influência nos debates acerca da necessidade de apoio governamental à indústria nacional e ao fomento das exportações. Para consumir a ajuda comercial, as fundações políticas se valiam da liberalização comercial, atração de investimento direto externo e privatização de empresas estatais. Deste modo, transformações estruturais relevantes foram percebidas na cadeia têxtil do Brasil, podendo ser citado: os impactos da abertura da economia brasileira e o aumento da concorrência externa a partir de 1990 (KON, 2009).

Visando recuperar a estratégia de competitividade das empresas, ocorreu então uma transferência regional no Brasil, deslocando fábricas para a região nordeste e para o norte de Minas Gerais, em virtude de menores custos. Já outros estados, como o Ceará, aperfeiçoaram a infraestrutura industrial com a construção de galpões, uso de energia elétrica e modernização de equipamentos. Porém, a região nordeste enfrentou escassez de água e ausência de sistemas adequados de tratamento de efluentes (ABREU, 2008).

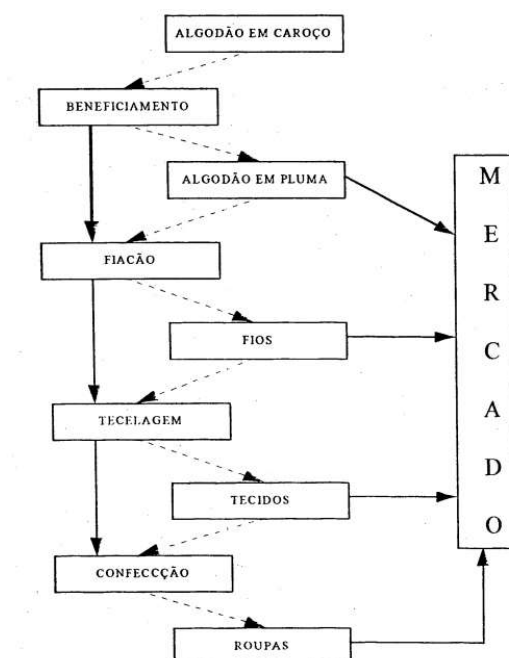
A Indústria têxtil brasileira hoje possui centenas de cadeias produtivas, como por exemplo, a de confecções. Os estados de São Paulo e Santa Catarina são os maiores produtores têxteis do país em todos os segmentos e vertentes da cadeia. O Brasil se destaca como um dos maiores produtores têxteis do mundo, devido à sua auto-suficiência na produção de algodão (VIANA, 2008).

Existem diversas etapas no processo de fabricação na indústria têxtil, dependendo do tipo de processo e produto a ser confeccionado. Sobretudo, existem quatro etapas essenciais: beneficiamento, fiação, tecelagem, e confecção. O beneficiamento ocorre de acordo com a aplicação do produto, por isso não um segue padrão, mas buscar adequar o tecido a algum destino por meio de amaciamentos, impermeabilizações, encorpamentos, dentre outros (VIANA, 2008). A

etapa de fiação é a primeira parte da transformação da matéria-prima e consiste na produção de fios a partir de fibras naturais ou químicas. Os procedimentos devem ser supervisionados por atividades certificadoras. Na tecelagem é onde acontece o entrelaçamento dos fios convertendo em tecidos, podendo ser obtidos a partir de uma variedade de fios. O processo de tecelagem varia conforme o tipo de tecido a ser produzido (SOUZA, 2000). A confecção é a última fase da produção, é a etapa em que necessita uma maior mão de obra, pois depende de habilidade e ritmo (DA COSTA *et al.*, 2013). O fluxo de produção do setor têxtil, partindo-se da matéria-prima algodão está demonstrado na Figura 1, relacionando as etapas principais da fabricação.

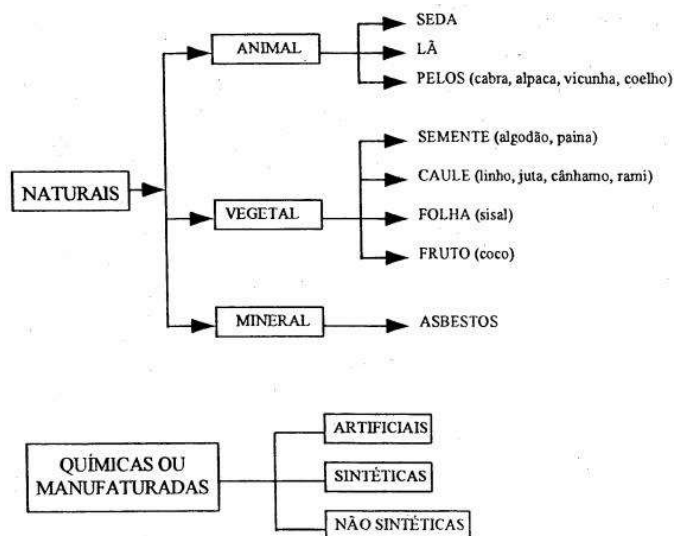
Além do algodão, outras matérias-primas podem ser utilizadas. Na Figura 2, as matérias-primas estão classificadas quanto sua origem, podendo as fibras ser de origem natural ou sintética. A estrutura química das principais fibras está apresentada na Figura 3.

As fibras naturais mais utilizadas são baseadas em celulose e proteína. As fibras sintéticas são comercializadas como viscose, acetato de celulose, poliamida, poliéster e acrílico (GUARATINI & ZANONI, 2000).



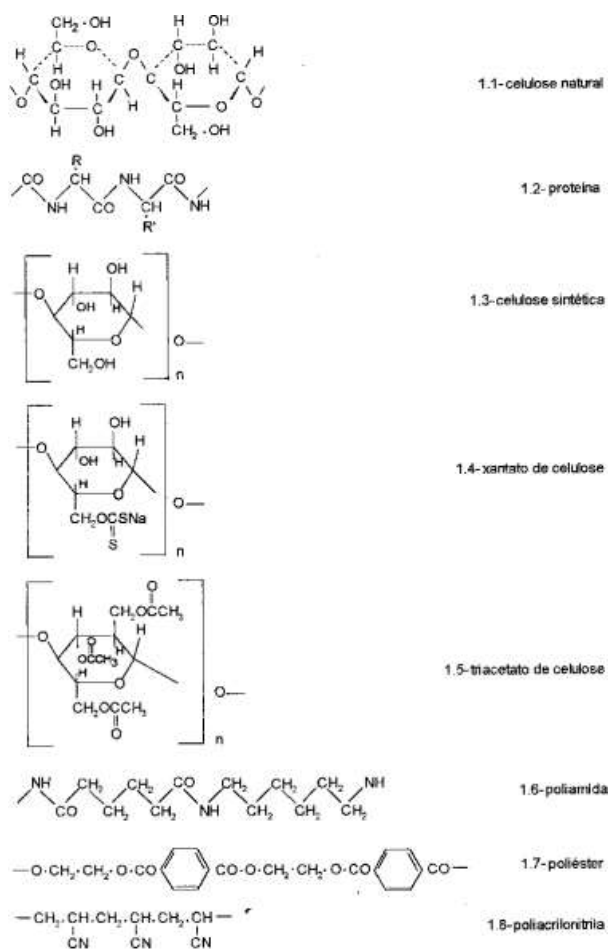
Fonte: COELHO, 1996.

Figura 1: Processo das etapas de transformação da matéria-prima em produto acabado.



Fonte: COELHO, 1996.

Figura 2: Classificação das fibras têxteis: Naturais e Químicas ou Manufaturadas.



Fonte: GUARATINI & ZANONI, 2000.

Figura 3: Estrutura química de fibras têxteis naturais e sintéticas.

3.2. Corantes

O tingimento dos tecidos teve início há muitos anos atrás e a disponibilidade comercial de corantes atual é bastante elevada (GUARATINI& ZANONI, 2000). O uso de corantes pelo homem vem desde os tempos primórdios das civilizações, mas sua origem é duvidosa. Já no Antigo Egito muitos dos tecidos encontrados em diversas múmias eram coloridos (DALLAGO, 2005). Na Europa, o uso de corantes para tingir tecidos é praticado desde o século XVI. A maioria dos corantes era obtida de folhas, ramos, raízes, flores de diversas plantas. Em 1856, o primeiro corante sintético foi produzido na Alemanha. A Alemanha investiu nesta invenção e graças às inovações tecnológicas de 1915 manteve o monopólio sobre a produção de corante sintético até meados da segunda guerra mundial (TWARDOKUS, 2004). No Brasil, os corantes ocupam lugar de destaque na história nacional, uma vez que o próprio descobrimento está relacionado à produção de corantes. Da madeira do “Pau Brasil” era extraído um pigmento capaz de tingir tecidos com cores intensas, como por exemplo, rosa, vermelho (DALLAGO, 2005).

As fibras têxteis precisam de corantes com características próprias e bem definidas. Dentre os diversos tipos de corantes existentes, têm-se o grupo cromóforo responsável pela cor que absorve luz solar, e o grupo funcional que permite a fixação nas fibras do tecido. Deste modo, os corantes podem ser classificados de acordo com sua estrutura química ou pelo tipo de interação que ele faz com a fibra têxtil.

O grupo mais representativo e utilizado é a família dos azocorantes, que se caracterizam por apresentarem um ou mais grupamentos $-N=N-$ ligados a sistemas aromáticos. Como consequência de sua estrutura aromática, os azocorantes são insolúveis em água. Tais corantes fazem parte de uma das classes mais importantes de corantes sintéticos comerciais, por causa do seu baixo custo e estabilidade. Devido a esses aspectos eles são empregados em diversas indústrias, incluindo a de cosméticos, alimentos e têxteis. Os compostos azo são resistentes à degradação em condições anaeróbias e aeróbias. A ligação azo pode ser reduzida gerando aminas aromáticas que são incolores, mas podem ser tóxicas e potencialmente cancerígenas (KUNZ *et al.*, 2002; MARMITT *et al.*, 2010).

Os corantes reativos são utilizados em fibras celulósicas e possuem um grupo reativo que é capaz de formar ligações covalentes com grupos hidroxila das fibras

da celulose. A principal característica dos corantes reativos é sua elevada solubilidade em água e sua organização nas ligações. A ligação confere estabilidade na cor do tecido tingido quando comparado a outros tipos de corante onde o processo de coloração se opera através de outros mecanismos (SOUZA, 2006). Os corantes diretos também são solúveis em água, porém tingem as fibras de celulose através das interações de Van der Waals. A grande vantagem destes corantes é o seu elevado grau de exaustão durante a aplicação, resultando na diminuição do conteúdo de corante nas águas de rejeito (FORGIARINI, 2006).

A denominação corante ácido corresponde a um grande grupo de corantes aniônicos portadores de um a três grupos sulfônicos. Estes grupos substituintes ionizáveis tornam o corante solúvel em água e têm vital importância no método de aplicação do corante em fibras protéicas e em fibras de poliamida sintética. Os corantes ácidos são assim chamados por serem aplicados em meio ácido. Normalmente os corantes ácidos apresentam-se na forma de sais de sódio de ácidos sulfônicos ou com menor frequência de ácidos carboxílicos, por isso são aniônicos em solução aquosa (GIACOMNI, 2017).

Por fim, os corantes dispersos são corantes insolúveis em água e empregados em fibras hidrofóbicas através de suspensão. Durante o processo de tingimento o corante sofre hidrólise e a forma originalmente insolúvel é aos poucos precipitada na forma dispersa sobre o substrato têxtil. Este grupo de corantes é utilizado para o tingimento de fibras sintéticas (FORGIARINI, 2006).

Cerca de 10.000 corantes são produzidos em escala industrial, destes 2.000 encontram-se disponíveis para a indústria têxtil. No Brasil, as indústrias têxteis descartam cerca de 20% como efluentes. A principal fonte desta perda corresponde à fixação incompleta dos corantes à fibra durante o processo de tingimento (DALLAGO, 2005).

3.3. Efluente da indústria têxtil

Nas últimas décadas, os problemas ambientais vêm se tornando cada vez mais recorrentes devido ao crescimento populacional e ao aumento das atividades industriais, gerando contaminação de águas naturais. Para minimizar o consumo de água e garantir a qualidade é necessário o monitoramento dos desperdícios diários nos processos produtivos (TWARDOKUS, 2004). O setor têxtil apresenta um

importante papel econômico, devido ao seu amplo parque industrial, porém geram grandes volumes de efluentes os quais quando não corretamente tratados e descartados, podem causar sérios problemas de contaminação ambiental (KUNZ *et al.*, 2002).

O potencial poluidor da indústria têxtil abrange cinco campos, sendo eles: efluentes líquidos, resíduos sólidos, ruídos, emissões gasosas e odores. Em relação à carga hidráulica, uma tinturaria de porte médio equivale a sete mil pessoas. As indústrias têxteis são as que mais produzem e utilizam corantes, devido a sua facilidade e baixo custo. O potencial contaminante de uma indústria têxtil em sua totalidade é considerado médio, sendo a tinturaria e o acabamento as etapas do processo produtivo têxtil que mais contaminam comparadas com a fiação e a tecelagem (MORAES, 1999). A utilização da água dentro de uma indústria têxtil ocorre em todas as etapas, seja diretamente para lavagem, tingimento, amaciamento, ou até mesmo indiretamente para fazer resfriamento, aquecimento. Cerca de 100 m³ de água são consumidos em média para cada tonelada de tecido processado, gerando 100 kg de DQO (FREITAS, 2002).

Os efluentes gerados nas indústrias têxteis apresentam propriedades particulares, pois além de volumosos, os efluentes apresentam composição heterogênea e uma elevada quantidade de material tóxico tornando o tratamento mais delicado. Tais efluentes apresentam uma forte coloração, uma grande quantidade de sólidos suspensos, pH e temperatura elevados, grandes concentrações de Demanda química de oxigênio (DQO) e considerável quantidade de metais pesados (DA FONSECA ARAUJO *et al.*, 2006).

Para elevar ainda mais o nível de complexidade, os resíduos gerados pelas indústrias variam acompanhando o desenvolvimento tecnológico do produto, isto é, à medida que novos reagentes, novos processos são utilizados de modo a atender demandas específicas do mercado. A adição de novos insumos é uma preocupação não apenas no que se refere à composição e recalcitrância do efluente gerado, mas também potencial nocivo das roupas para a saúde humana. Alguns casos foram apresentados, entre eles: irritações na pele devido aos tecidos que continham formaldeído em excesso (COELHO, 1996).

Uma das grandes dificuldades encontradas pelas indústrias têxteis está no controle e remoção dos corantes de efluentes residuários. O problema da cor forte do efluente têxtil está associado aos corantes, especialmente aos corantes solúveis

em água que saem nos efluentes das estações de tratamento por não se fixarem na fibra durante o processo de tingimento. Os corantes são compostos químicos orgânicos que possuem propriedade de absorver luz visível. A cor destes compostos é intensificada e/ou modificada por grupos auxocromos tais como etila, nitro, amino, cloro, dentre outros (KIMURA, 1999). A elevada estabilidade biológica dos corantes dificulta a degradação pelos sistemas de tratamento convencionais empregados pelas indústrias têxteis. A cor é considerada uma contaminação visível no efluente de indústrias têxteis, mas embora sua remoção seja uma prioridade, raramente ocorre a completa exaustão dos corantes gerando o descarte inadequado em corpos de água, provocando diversos impactos. As contaminações nos rios e lagos com estes compostos provocam sérios danos ao meio ambiente. Com suas fortes colorações, os corantes restringem a passagem de radiação solar, diminuindo assim a atividade fotossintética natural, gerando danos ao ecossistema (DALLAGO, 2005). Embora a cor possa causar vários prejuízos, ela pode ser o menor dos problemas quando considerada a toxicidade dos compostos e grupos cromóforos de alto peso molecular existentes nesse meio (SOUZA *et al.*, 2009).

Os efluentes gerados pelas unidades industriais geralmente são tratados por métodos físicos, químicos e biológicos. Dentre os processos físicos mais utilizados no tratamento de efluentes e corantes têxteis, a adsorção com carvão ativado é a mais empregada. Alguns agentes alternativos utilizam a biomassa como adsorvente. A utilização de tecnologias de membranas como microfiltração, nanofiltração, ultrafiltração e osmose reversa, vem se tornando interessante por causa de possibilitarem o reuso da água no processo industrial (KUNZ *et al.*, 2002).

O processo biológico é uma alternativa bastante viável e econômica quando comparado com outros processos químicos e físicos. Alguns procedimentos de biodegradação, tais como descolorização por fungos, algas, bactérias, degradação microbiológica e sistemas de biorremediação, são usualmente aplicados para tratamento de efluentes industriais, pois são capazes de acumular e degradar vários tipos de poluentes (IMMICH, 2006). Apesar de apresentar bons resultados na remoção de substâncias ricas em carbono, o problema dos sistemas biológicos está no acúmulo de lodo, uma vez que o teor de corantes adsorvido é elevado, impedindo assim qualquer possibilidade de reuso. Por causa destes aspectos, novos estudos e novas alternativas devem ser analisados no tratamento de efluentes, sendo levados

em conta como uma prioridade dos profissionais que atuam nesta área (HASSEMER *et al.*, 2002).

3.3.1. Processos Biológicos

O tratamento biológico requer uma elevada extensão de área e é limitado pela sensibilidade das variações diurnas, bem como pela toxicidade de alguns produtos químicos. Uma vantagem do tratamento biológico sobre certos métodos é que mais de 70% do material orgânico presente, que é medido por testes de DQO, pode ser convertido em biosólido (IMMICH, 2006). No processo aeróbio as formas mais comuns de aplicação industrial estão relacionadas pelas lagoas aeradas e pelos sistemas de lodos ativados. Nas lagoas aeradas, os efluentes são submetidos à associação de organismos, muitas vezes de composição desconhecida. O tratamento por lodos ativados talvez seja o sistema de biorremediação mais eficaz e versátil. No lodo existe um grande número de espécies bacterianas, além de fungos e protozoários que favorecem e minimizam a redução de um grande número de compostos. Este tipo de método foi desenvolvido na Inglaterra no início do século XX e vem sendo utilizado nos mais diferentes tipos de efluentes, inclusive no tratamento de esgotos sanitários (FREIRE, 2000).

Alguns pesquisadores têm aumentado o interesse e a busca no versátil fungo de decomposição branca, conhecido como *Phanerochaete chrysosporium*. Tal fungo tem a capacidade de mineralizar, além da lignina, uma variedade de poluentes resistentes a degradação. Algumas pesquisas de efluentes têxteis são para explorar a capacidade de degradação e mineralização de corantes, porém existe a utilização de outros fungos, como por exemplo, *Pleurotus ostreatus* e *Trametes versicolor*. Estes fungos caracterizam-se por serem bons produtores de lacase (KUNZ *et al.*, 2002).

3.4. Microrganismos na degradação de corantes

A elevada diversidade e dificuldade de degradar rejeitos têxteis vêm estimulando o desenvolvimento de novos métodos que buscam o melhor e o mais adequado tratamento. Muitas pesquisas estão se voltando para o uso de microrganismos capazes de degradar corantes em resíduos industriais. Na

descoloração de corantes têxteis existem alguns microrganismos que podem ser utilizados, como as bactérias, fungos, algas e mais recentemente os consórcios de culturas de bactérias (ROSOLEN, 2004).

Os rejeitos das indústrias têxteis atingem o meio ambiente, saúde pública e ecossistema. A utilização de fungos, principalmente basidiomicetos degradadores de lignina, são empregados devido à produção de enzimas ligninolíticas de baixa especificidade que podem ser aplicadas na degradação de compostos fenólicos. Os fungos provenientes de ambientes contaminados são de grande influência na seleção de microrganismos com potencial degradativo, pois se os mesmos conseguem proliferar neste ambiente, certamente possuem um sistema enzimático que permite metabolizar as espécies químicas presentes na região (PEREIRA, 2010).

Os fungos possuem uma grande versatilidade adaptativa que permite sua colonização nos mais diferentes locais e possuem capacidade de suportar condições extremas. Os fungos mais encontrados no Brasil pertencem aos gêneros *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Candida*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium*, *Aureobasidium* e *Helmithoporium*. Os fungos crescem melhor em meios ácidos, e o pH ideal para crescimento é em torno de 4 a 6, porém depende da espécie. Os fungos necessitam de água para sua sobrevivência, podem sobreviver em estado latente e produzir esporos (WANDERLEY, 2007).

O conjunto enzimático ligninolítico gerado por fungos basidiomicetos é produzido em resposta às condições de cultivo, devido à presença de partículas aromáticas. Os basidiomicetos provenientes do Brasil, *Trametes villosa* e *Psilocybe castanella*, são eficazes na mineralização de pentaclorofenol. Os basidiomicetos são objetos de pesquisas e utilizados em processos de biorremediação. A utilização de corantes como substratos é para a determinação da atividade ligninolítica e é estabelecida como método para a identificação de microrganismos capazes de degradar compostos xenobióticos (YAMANAKA, 2008).

Os compostos aromáticos são aptos à degradação biológica, porém em condições aeróbias e anaeróbias (SILVA, 2011). Os corantes do tipo azo são compostos aromáticos e os seus substituintes contêm grupos nitrosos e sulfônicos, mas é um tanto recalcitrante à degradação por bactérias aeróbias. Esse fato é provavelmente relacionado tanto com a natureza de retirada de elétrons do corante azo através do ataque das monooxigenases, como também ao fato de que o

oxigênio é mais eficaz como receptor de elétrons do que o corante azo, preferindo elétrons produzidos nos processos oxidativos (DOS SANTOS *et al.*, 2009).

3.5. Enzimas

O crescente uso da biotecnologia pode apresentar formas satisfatórias, processos mais rápidos, mais viáveis e eficientes na produção industrial. A utilização de enzimas nos processos têxteis vem crescendo cada vez mais. Em 1992, o volume de enzimas para as indústrias têxteis atingia cerca de 10% do total de vendas de enzimas industriais, a celulase era a maior responsável por este fato, sendo bastante utilizada no jeans. A maior expressão da aplicação de enzimas neste setor continua focada em sua utilização nos processos de finalização. As celulases são bastante utilizadas em processos de acabamento têxteis, como agentes modificadores de superfície. A combinação de celulases e pectinases permite obter algodões com mais capacidade de retenção de água. Os tratamentos com proteases e celulases removem impurezas e melhora a molhabilidade dos tecidos. Já as pectinases e xilanases são empregadas em processos de amaciamento. As proteases são usadas em tratamentos controlados e no acabamento da lã. Todas estas enzimas são propostas como componentes de detergentes e como agentes bactericidas (SOARES, 2000). Os processos enzimáticos são umas das tecnologias mais recentes para o tratamento biológico de efluentes. As enzimas ligninolíticas têm um papel importante, devido a sua função de capacidade de degradar um elevado número de substâncias presentes e tóxicas. Algumas pesquisas mostram que um grande potencial dos processos enzimáticos para a degradação de efluentes provenientes da indústria papeleira (FREIRE, 2000).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Obtenção dos microrganismos

A fim de selecionar microrganismos capazes de degradar determinado corante, utilizou-se a técnica clássica de triagem e seleção de biocatalisadores, que consiste na coleta de amostra, cultivo e isolamento dos microrganismos, testes

qualitativos para identificar os microrganismos produtores e testes quantitativos para determinar numericamente a extensão da degradação (KAMIDA *et al.*, 2005). As amostras foram escolhidas de modo a cobrir ambas as estratégias: rastreo não direcionado, utilizando materiais heterogêneos com elevada diversidade; e rastreo direcionado, isto é, locais com baixa biodiversidade, mas elevada pressão de seleção com maior possibilidade de encontrar enzima específica. Deste modo, foram coletados microrganismos provenientes da banana, pão, esterco, requeijão e terra (coletados no Campus Alto Paraopeba da Universidade Federal de São João Del-Rei), bem como de uma amostra de madeira com aspecto de podridão, sendo esta última a amostra referente a busca direcionada.

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Microbiologia localizado no Campus Alto Paraopeba da Universidade Federal de São João Del-Rei no município de Ouro Branco-MG.

4.2. Isolamento e manutenção das culturas

Para a preparação do experimento, primeiramente foi manipulado o meio de cultura YMA nas concentrações apresentadas na Tabela 1, em 400 mL de água destilada. Foi feita uma maior quantidade de placas de Petri, totalizando 18, para fazer os repiques até obter o isolamento dos microrganismos, contendo o meio de cultura YMA.

Tabela 1: Composição do meio de cultura YMA.

Composição	Quantidade (%m/V)
Extrato de malte	2,4
Extrato de levedura	2,4
Triptona	4,0
Glicose	8,0
Agar chileno	13,6

Os microrganismos cultiváveis obtidos das amostras citadas foram isolados pelo método de esgotamento. Os cultivos foram incubados em estufa a 28°C até o

surgimento das colônias. O procedimento foi repetido até a obtenção de culturas isoladas, o que se confirmou pelas características macroscópicas e microscópicas.

4.3. Seleção dos microrganismos

Afim de selecionar os microrganismos capazes de degradar azocorante, realizou-se teste qualitativo em placa segundo Maciel, 2010. Para a solução com corante vermelho de metila, foi preparado meio de cultura Extrato de malte nas concentrações citadas na Tabela 2, em 200 mL de água destilada.

Tabela 2: Composição do meio de cultura Extrato de malte.

Composição	Quantidade (% , m/V)
Extrato de malte	5,0
Agar chileno	4,0
Corante Vermelho de Metila	0,10

Os microrganismos isolados foram inoculados e centralizados em placas de Petri com o auxílio da alça de platina, em nove placas separadamente. Observou-se o crescimento de halos dos microrganismos durante sete dias.

4.4. Teste quantitativo de degradação do corante

Os microrganismos selecionados da etapa de isolamento foram inoculados separadamente em *erlens* contendo meio análogo ao de seleção, porém sem adição de ágar. Os inóculos foram cultivados previamente em meio YMA incubados sob uma agitação de 80 rpm por dois dias no equipamento *shaker*, em banho maria a 28° C.

Deste modo, adicionou-se 5 mL de inóculo nos *erlens* contendo meio com corante vermelho de metila, os quais foram incubados a 28°C sob agitação de 80 rpm por cinco dias. Durante os cinco dias foram retiradas amostras de 3 mL que após centrifugadas (20.000 rpm por 15 minutos) foram analisadas por espectrofotometria à 520 nm.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maioria das indústrias têxteis gera um elevado acúmulo de resíduos que representam um potencial problema ambiental. Assim, há a demanda por tecnologias para a correta destinação e manejo destes resíduos. Várias tecnologias são empregadas para aumentar e facilitar o conhecimento da diversidade microbiológica das técnicas funcionais em ecossistemas microbianos. Existem diversos processos, mas atualmente os biológicos, principalmente bioprospecção de microrganismos são uns dos mais utilizados por pesquisadores, pois permitem o tratamento de grandes volumes de resíduos gerados pelas indústrias e conseguem alcançar altas taxas de remoção de matéria orgânica e os custos são relativamente baixos. No entanto, alguns compostos são recalcitrantes e podem, inclusive, ser tóxicos aos microrganismos.

No presente trabalho, após a etapa de isolamento dos microrganismos centralizados nas nove placas de Petri, separadamente, observou-se o crescimento de halos durante sete dias como apresentado na Figura 4, na qual mostra o resultado do teste qualitativo. Alguns microrganismos cresceram utilizando o corante como única fonte de carbono, mas apesar de conter extrato de malte no meio de cultivo, não tinha glicose e sacarose, então de acordo com a Figura 4 mostra que os microrganismos toleraram, levando assim para uma segunda fase que foi o teste quantitativo. Algumas placas não exibiram visualmente contaminação e degradação, possivelmente ocorreu algum tipo de inibição. Tais respostas podem ter sido ocasionadas por alguma condição externa que não estava adequada, talvez o meio de cultivo não estivesse favorável, ou até mesmo algum erro durante a etapa do experimento.

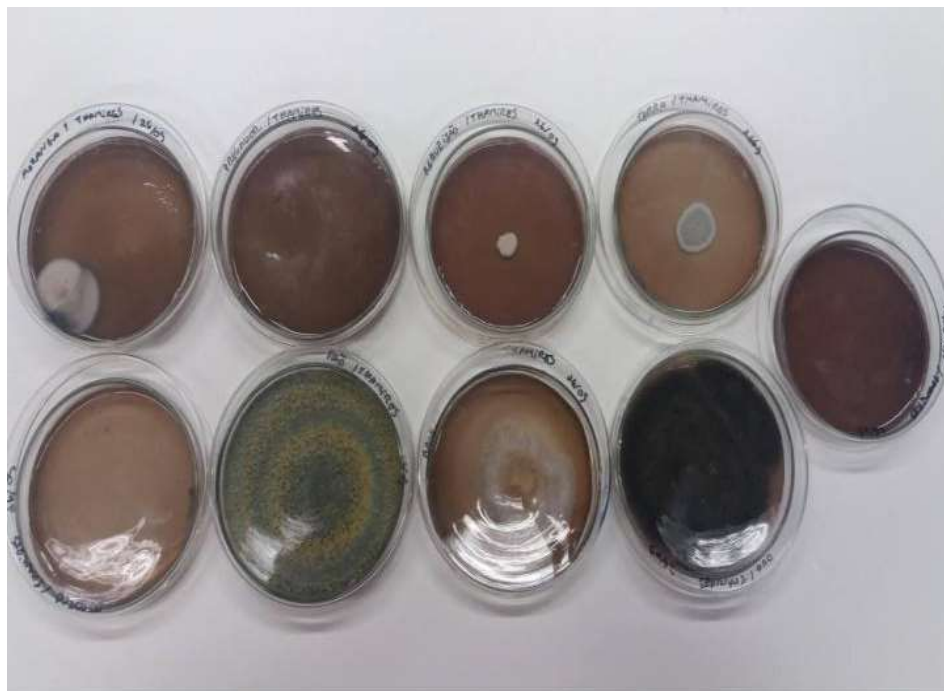


Figura 4: Microorganismos após sete dias em meio de cultura Extrato de malte.

Foi feita a leitura dos microrganismos isolados a partir do esterco, requeijão, pão, solo, madeira e banana no espectrofotômetro a 520 nm, durante cinco dias, após os procedimentos.

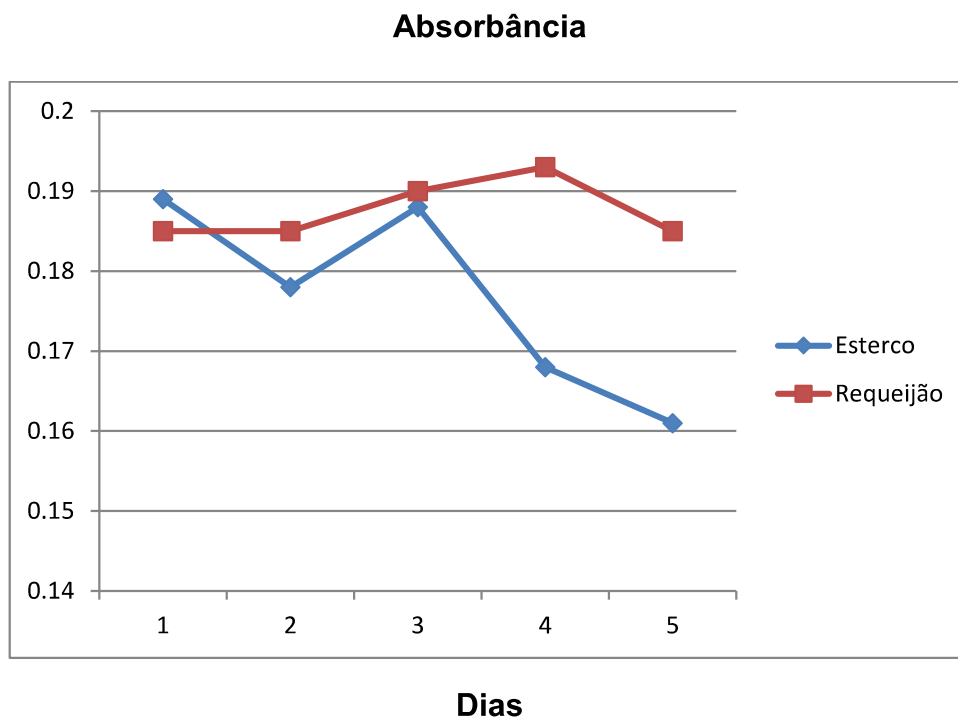


Gráfico 1: Leitura dos microrganismos isolados a partir do esterco e requeijão no espectrofotômetro a 520 nm, durante cinco dias.

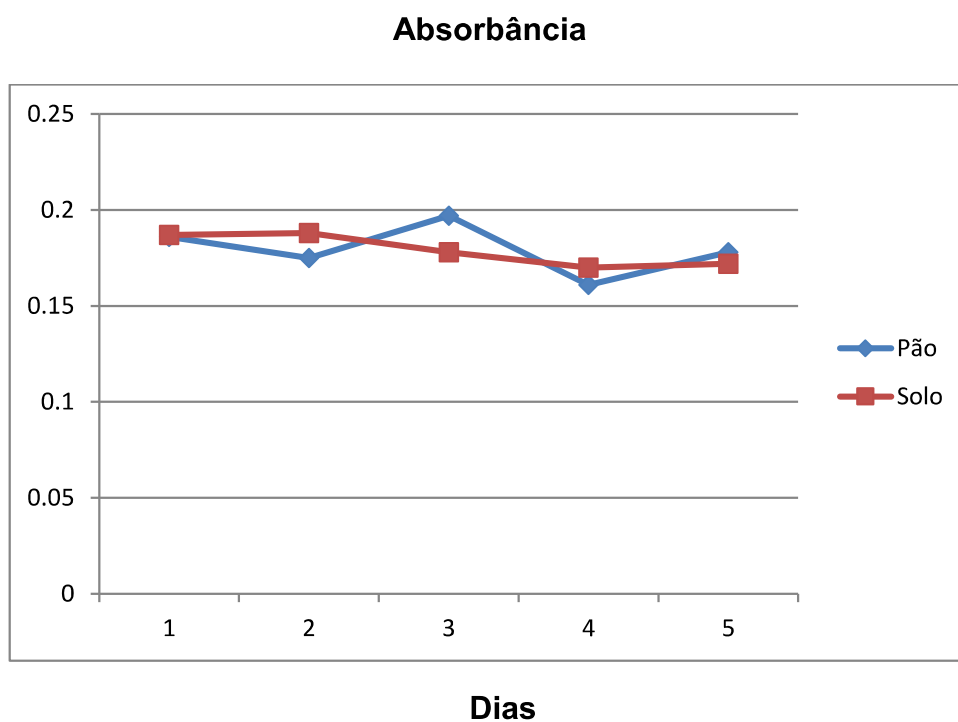


Gráfico 2: Leitura dos microrganismos isolados a partir do pão e solo no espectrofotômetro a 520 nm, durante cinco dias.

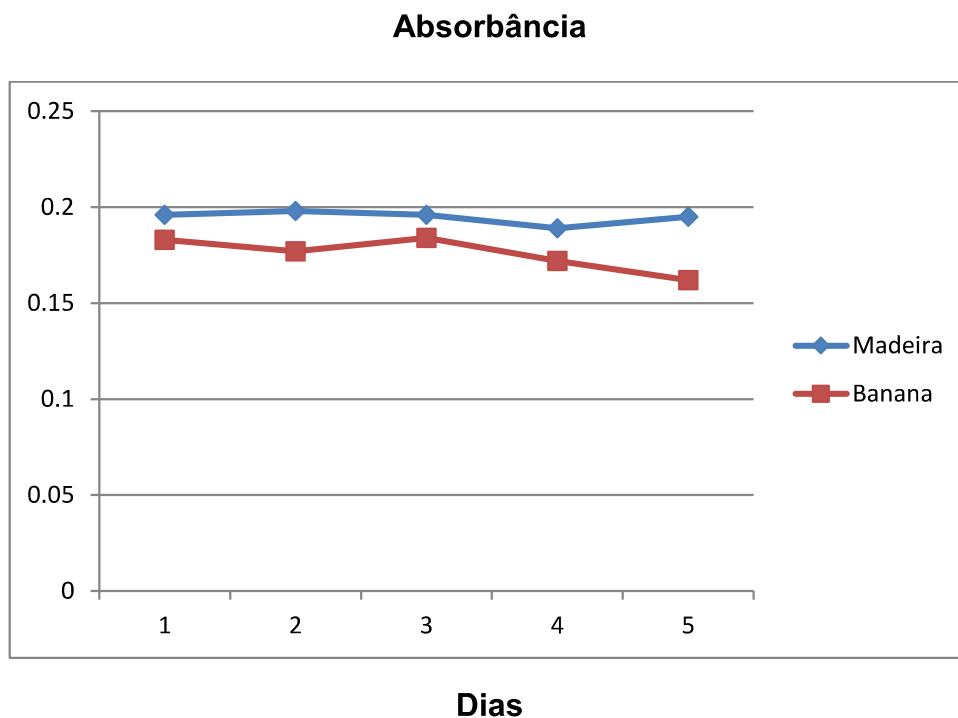


Gráfico 3: Leitura dos microrganismos isolados a partir da madeira e banana no espectrofotômetro a 520 nm, durante cinco dias.

O Gráfico 4 foi plotado para uma melhor análise e visualização da degradação do efluente simulado da indústria têxtil utilizando o corante vermelho de metila. Para chegar aos seguintes resultados, foi utilizada a equação 1.

$$(Amostra\ Inicial - Amostra\ Final) \div Amostra\ Inicial \quad \text{equação (1)}$$

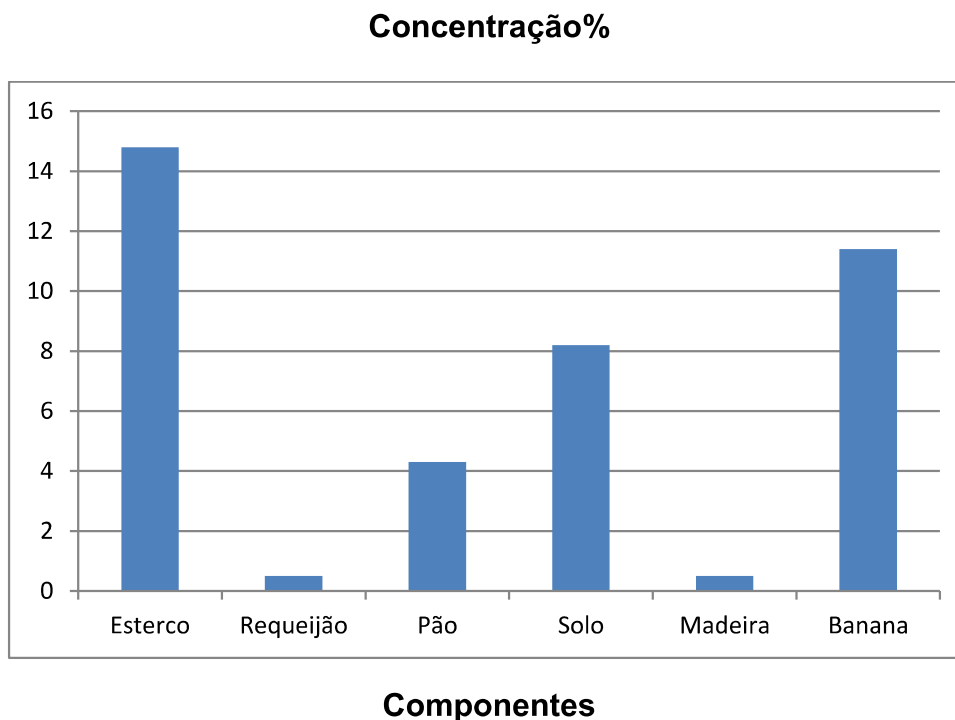


Gráfico 4: Quantidade em % de degradação dos seis microrganismos durante cinco dias.

Comparando o presente trabalho com a literatura de Nascimento *et al.*, 2008, o experimento resultante enfrentou algumas dificuldades, porém os resultados apresentaram potenciais de descoloração satisfatórios, pois 25% do total das amostras alcançaram >95% de descoloração durante o procedimento de pré-seleção, sem características de adsorção. Já o trabalho descrito durante o texto, apresentou uma degradação baixa, onde as seis amostras apresentaram um potencial de degradação dentro de 5% a 15%. Eventualmente essa baixa degradação pode ser explicada devido à inibição enzimática, microrganismos não satisfatórios, poucos dias de execução do experimento.

A forma de vida dos fungos pode ser considerada simples e eles possuem características próprias, como por exemplo, não armazenam amido como substância de reserva, não sintetizam clorofila e celulose, com isso não sintetizam seu próprio alimento. Os fungos liberam uma enzima chamada de exoenzima que os auxiliam na digestão dos alimentos. Contudo, podem ser prejudiciais à saúde do homem ou auxiliam na elaboração de remédios e são bons decompositores. São seres vivos eucarióticos com um só núcleo e podem apresentar diversas dimensões, sua parede celular é constituída principalmente de polissacarídeos, proteínas e lipídios e possui diversos grupos funcionais. Os corantes podem interagir com os sítios ativos na

superfície celular através de vários mecanismos, podendo ser físicos ou químicos. A utilização de fungos em etapas de descoloração é uma alternativa devido à possibilidade de mineralização dos corantes. Nos processos biodegradativos por fungos, a descoloração das soluções pode ser realizada por degradação enzimática ou adsorção. A degradação enzimática pode gerar a quebra total da molécula inicial ou resultar em metabólitos intermediários com elevado poder de toxicidade como é o caso das aminas aromáticas livres. As enzimas envolvidas na degradação das moléculas dos corantes são as lignolíticas manganês, lignina peroxidase e lacase (ROSA, 2009; CARVALHO, 2009). Estas enzimas são extracelulares e mostra uma baixa especificidade pelos seus substratos, o que torna os organismos produtores destas enzimas ainda mais favoráveis no tratamento de resíduos têxteis. No presente trabalho provavelmente ocorreu o mecanismo de adsorção e não degradação com uma baixa quantidade de biomassa, como o tempo de incubação foi curto, resultou em uma baixa remoção do corante.

Os corantes têxteis são substâncias que impregnam as fibras de substrato têxtil, reagindo ou não com o material durante o processo de tingimento. São compostos orgânicos e possuem uma fonte muito complexa e de difícil degradação, provavelmente isso possa ter limitado o desenvolvimento dos microrganismos gerando uma baixa remoção, uma vez que as concentrações não possam ter sido suficientes para promover o crescimento de microrganismos e alcançar taxas de descoloração satisfatórias.

Alguns microrganismos não são capazes de utilizar o corante como única fonte de carbono, então é necessário utilizar uma fonte extra de carbono e energia, como glicose ou sacarose, podendo potencializar a remoção do corante.

Um dos fatores que pode ter influenciado na baixa degradação pode ter sido a necessidade de otimizar as condições do processo, um fator que limita a atividade microbiana, portanto uma maior oxigenação talvez favoreça o crescimento dos microrganismos interferindo nas reações enzimáticas, tal fato pode estar associado com uma maior taxa de degradação do corante e segundo Dritsa e Rigas, 2009, diversos corantes tem uma maior descoloração quando mantidos sob agitação.

Comparando o presente trabalho com o de Pereira *et al.*, 2010, percebe que o autor obteve bons resultados, pois o corante descoloriu totalmente após 12 dias de incubação em uma temperatura de 25°C, talvez se o experimento do trabalho

presente tivesse ficado por mais tempo na incubação, obteria resultados mais satisfatórios, mas os dois trabalhos tiveram capacidade adsorptiva, apresentando assim certa tolerância.

Os azocorantes conseguem ser degradados em condições aeróbicas ou anaeróbicas. A presença de oxigênio, como citado anteriormente, pode favorecer ou prejudicar a remoção de corantes dependendo do mecanismo empregado pelo microrganismo. Portanto, se tiver uma alta concentração de oxigênio pode ser que ocorra a inibição da descoloração dos corantes, ou seja, geração de enzimas redutivas envolvidas nos processos de descoloração de corantes, resultando na inibição.

Segundo o trabalho de Gomes de Moraes, 1999, quando otimizaram as condições do experimento, obtiveram uma maior eficiência e descoloração dos corantes utilizando enzimas livres, porém a velocidade da descoloração variou para cada tipo de corante utilizado, pois suas estruturas são diferentes e, com as análises realizadas, perceberam que a combinação de dois métodos aumenta a degradabilidade do efluente.

6. CONCLUSÃO

Indústrias têxteis são de suma importância na economia da maioria dos países, devido às oportunidades de emprego, lucratividade de negócios e desenvolvimento. Porém é uma das maiores responsáveis por grandes contaminações e impactos ambientais, principalmente quando considerados os corpos de água que recebem seus rejeitos gerados das etapas durante o processo.

Mesmo em baixas concentrações, a presença de compostos tóxicos e recalcitrantes presentes nos efluentes das indústrias podem influenciar na microbiota aquática, prejudicando a vida de animais e podendo gerar riscos à saúde.

O ramo da biotecnologia vem crescendo cada vez mais, e os processos biológicos utilizando microrganismos em etapas de bioprospecção é bastante promissor, devido às suas diversas vantagens. Pode ser considerada como vantagem a diminuição de compostos tóxicos durante o processo de

descontaminação, uma vez que se trata de um processo natural não necessitando de substâncias químicas, dentre muitas outras vantagens.

Os microrganismos coletados dos componentes (banana, solo, pão, requeijão, madeira e esterco) utilizados durante o trabalho provavelmente possuem características eficientes em biodegradação, onde os resultados dentro de cinco dias no equipamento *shaker* não foram tão satisfatórios, mas se fossem mais dias provavelmente os mesmos teriam resultados melhores, pois os microrganismos estariam sob estado de agitação por um maior número de dias.

Estudos complementares devem ser realizados para melhor entendimento da reação das enzimas provavelmente presentes, a fim de encontrar microrganismos com melhores capacidades de degradação desse tipo de resíduo gerado pelas indústrias têxteis.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, MCS *et al.* Perfis estratégicos de conduta social e ambiental: estudos na indústria têxtil nordestina. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 159-172, 2008.

AGUIAR, ANDRÉ; FERRAZ. Mecanismos envolvidos na biodegradação de materiais lignocelulósicos e aplicações tecnológicas correlatas. *Química Nova*, v. 34, n. 10, p. 1729-1738, 2011.

ARAUJO, RENATA NOGUEIRA *et al.* Degradação do corante azul reativo 19 usando UV; H₂O₂; UV/H₂O₂; Fenton e foto-Fenton: aplicação em efluentes têxteis. 2002.

CARVALHO, WALTER *et al.* Uma visão sobre a estrutura, composição e biodegradação da madeira. *Química Nova*, v. 32, n. 8, p. 1-5, 2009.

CHIARADIA, A. C. N; FERREIRA, P. E. Redução do impacto ambiental causado pelo soro de queijo. 20o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Belo Horizonte MG, Brasil, 1999. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil20/vi-081.pdf>>. Acesso em: 12 de julho de 2017.

COELHO, CHRISTIANNE COELHO DE SOUZA REINISCH *et al.* A questão ambiental dentro das indústrias de Santa Catarina: uma abordagem para o segmento industrial têxtil. 1996.

DA COSTA, Achyles BARCELOS; CONTE, NELTON CARLOS; CONTE, VALQUIRIA CARBONERA. A China na cadeia têxtil-vestuário: impactos após a abertura do comércio brasileiro ao mercado mundial e do final dos Acordos Multifibras (AMV) e Têxtil Vestuário (ATV). Revista Teoria e Evidência Econômica, v. 19, n. 40, 2013.

DA FONSECA ARAUJO, FABIANA VALÉRIA; YOKOYAMA, LÍDIA; TEIXEIRA, LUIZ ALBERTO CÉSAR. Remoção de cor em soluções de corantes reativos por oxidação com H₂O₂/UV. Quim. Nova, v. 29, n. 1, p. 11-14, 2006.

Da podridão, bioprospecção de fungos causadores; da madeira, branca. GISELLE MARIA MACIEL. 2010.

DALLAGO, ROGÉRIO MARCOS; SMANIOTTO, ALESSANDRA; OLIVEIRA. LCA de. Resíduos sólidos de curtumes como adsorventes para a remoção de corantes em meio aquoso. Química Nova, v. 28, n. 3, p. 433-437, 2005.

Desenvolvimento da indústria têxtil. 06 de outubro de 2009. Disponível em: <<http://desenvolvimentodaindustriatextil.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 15 de julho de 2017.

DOS SANTOS, ANDRÉ BEZERRA. Fundamentos da biotecnologia aplicada à remoção de cor de esgotos têxteis. Revista Tecnologia, v. 26, n. 1, 2009.

FERRAZ – QUEILA. História da moda, 13 de novembro de 2007. Disponível em: <<http://www.fashionbubbles.com/historia-da-moda/revolucao-industrial-e>

industrializacao-do-vestuario-onde-a-funcao-encontrou-a-moda-parte-1/>. Acesso em: 12 de julho de 2017.

FORGIARINI, ELIANE *et al.* Degradação de corantes e efluentes têxteis pela enzima Horseradish peroxidase (HRP). 2006.

FREIRE, RENATO SANCHES *et al.* Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. Química nova, 2000.

GIACOMNI, FERNANDO. Importância da determinação do ponto de carga zero como característica de tingimento de fibras proteicas. Revista Matéria, v. 22, n. 2.

GOMES DE MORAES. Processo fotocatalítico combinado com sistemas biológicos no tratamento de efluentes têxteis. Tese de doutorado – Instituto de Química. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 145. 1999.

GUARATINI, CLÁUDIA CI; ZANONI, MARIA VALNICE BOLDRIN. Corantes têxteis. Química nova, p. 71-78, 2000.

HASSEMER, MARIA ELIZA NAGEL; SENS, MAURÍCIO LUIZ. Tratamento do efluente de uma indústria têxtil. Processo físico-químico com ozônio e coagulação/floculação. Engenharia sanitária e ambiental, v. 7, n. 1, p. 30-36, 2002.

IMMICH, ANA PAULA SERAFINI *et al.* Remoção de corantes de efluentes têxteis utilizando folhas de Azadirachta indica como adsorvente. 2006.

KAMIDA, HÉLIO MITOSHI *et al.* Biodegradação de efluente têxtil por Pleurotus sajor-caju. Química Nova, 2005.

KIMURA, IRENE Y *et al.* Efeito do pH e do tempo de contato na adsorção de corantes reativos por microesferas de quitosana. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 9, n. 3, p. 51-57, 1999.

KON, ANITA; COAN, DURVAL CALEGARI. Transformações da indústria têxtil brasileira: a transição para a modernização. Revista de economia Mackenzie, v. 3, n. 3, 2009.

KUNZ, AIRTON *et al.* Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. Química nova, 2002.

MARMITT, SANDRO; PIROTTA, LILIAN V.; STÜLP, SIMONE. Aplicação de fotólise direta e UV/H₂O₂ a efluente sintético contendo diferentes corantes alimentícios. Química Nova, v. 33, n. 2, p. 384-388, 2010.

MORAES, SANDRA GOMES *et al.* Processo fotocatalítico combinado com sistemas biológicos no tratamento de efluentes têxteis. 1999.

NASCIMENTO, CARLOS ROBERTO SOBRINHO *et al.* Avaliação do potencial de descoloração e detoxificação de corantes utilizados em indústria têxtil por fungos isolados de sedimento do Parque Nacional da Serra da Capivara (PI). 2008. Tese de Doutorado.

OLIVEIRA – ANDRÉA. A história do vestuário - os costumes de cada época. 03 de dezembro de 2013. Disponível em: <<https://www.cpt.com.br/cursos-confeccao-de-roupas/artigos/a-historia-do-vestuario-os-costumes-de-cada-epoca>>. Acesso em: 10 de julho de 2017.

PEREIRA, ALINE RAMALHO BRANDÃO *et al.* Biodegradação de corantes e efluentes têxteis por fungos. Holos Environment, v. 10, n. 2, p. 165-179, 2010.

PRADO, MARCELO ALEXANDRE; GODOY, HELENA TEIXEIRA. Corantes artificiais em alimentos. Alimentos e Nutrição Araraquara, v. 14, n. 2, 2009.

SAUER, TICIANE *et al.* Degradação fotocatalítica de corante e efluente têxtil. 2002.

SILVA, MARCOS ERICK RODRIGUES. Tratamento anaeróbio de efluentes contendo corantes e estudos de pós-tratamento e ecotoxicidade. 2011. Tese de Doutorado.

SOUZA, ALINE FRANCISCA; ROSADO, FÁBIO ROGÉRIO. Utilização de fungos basidiomicetes em biodegradação de efluentes têxteis. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 2, n. 1, p. 121-139, 2009.

SOUZA, CLAUDIO ROBERTO LIMA. Degradação de corantes reativos e remediação de efluentes têxteis por processos avançados envolvendo ferro metálico. 2006.

SOARES, GRAÇA. Aplicação de sistemas enzimáticos à degradação de corantes têxteis. 2000.

SOUZA, MARIA CÉLIA MARTINS. A produção de têxteis de algodão orgânico: uma análise comparativa entre o subsistema orgânico e o sistema agroindustrial convencional. *Agricultura em São Paulo*, v. 47, p. 83-104, 2000.

ROSA, MARCELO D.'AQUINO *et al.* Os fungos na escola: análise dos conteúdos de micologia em livros didáticos do ensino fundamental de Florianópolis. 2009.

ROSOLEN, LUCIANA ANTONELLI *et al.* Biodegradação de efluente têxtil e nove corantes técnicos utilizando fungos basidiomicetos. *Química Têxtil*, n. 76, p. 44-52, 2004.

TWARDOKUS, ROLF GUENTER *et al.* Reuso de água no processo de tingimento da indústria têxtil. 2004.

VIANA, FERNANDO LUIZ EMERENCIANO; ROCHA, ROBERTO EDNÍSIO VASCONCELOS; DE MELO NUNES, FERNANDO RIBEIRO. A indústria têxtil na região nordeste: gargalos, potencialidades e desafios. *Revista Produção Online*, v. 8, n. 3, 2008.

YAMANAKA, RENATA; MACHADO, KÁTIA MARIA GOMES. Influência do corante Azul Brilhante de Remazol R sobre o sistema enzimático ligninolítico de *Psilocybe castanella* CCB444 em meio de cultivo sintético. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 5, n. S2, p. pg. 1119-1121, 2008.

WANDERLEY, CARLOS RONALD PESSOA. *Aspergillus niger* AN 400 como inóculo de reatores em batelada para remoção do corante vermelho do congo em meio aquoso sintético. 2007. Tese de Doutorado.