

REVISTA CIENTÍFICA

# MUNDO TECNOLÓGICO

REVISTA MUNDO TECNOLÓGICO - ISSN 2238-2011 - V. 13 N. 15 JANEIRO-DEZEMBRO – 2021

# MULTIVIX

---

SÃO MATEUS



**MUNDO**  
**TECNOLÓGICO**

**ISSN 2238-2011**

**EXPEDIENTE**

**Publicação Anual**

**ISSN 2238-2011**

**Temática: Tecnologia**

**Revisão Português**

Tereza Barbosa Rocha

**Capa**

Marketing Faculdade Multivix São Mateus

Elaborada pela Bibliotecária Alexandra B. Oliveira CRB06/396

M965 Mundo Tecnológico/ Faculdade Multivix São Mateus – v.13, n.15, 2021 –  
São Mateus: MULTIVIX, 2021.

Anual  
ISSN 2238-2011

1. Pesquisa acadêmica – periódicos. 2. Gestão. 3. Exatas. I. Faculdade  
Multivix São Mateus

CDD 001.891  
CDU: 001.891(05)

Os artigos publicados nesta revista são de inteira responsabilidade de seus autores e não refletem, necessariamente, os pensamentos dos editores.

Correspondências: Coordenação de Pesquisa e Extensão Faculdade Multivix São Mateus  
**Rod. Othovarino Duarte Santos, 844, Resid. Parque Washington, São Mateus/ES | 29938-015**

# MUNDO TECNOLÓGICO

**Faculdade Multivix São Mateus**  
**v. 13 n. 15 janeiro/dezembro – 2021 - Anual**

Diretor Geral  
Sandrélia Cerutti Carminati Grippa

Coordenadora Acadêmica  
Elen Karla Trés

Conselho Editorial  
Elen Karla Trés  
Josete Pertel  
Rafaella Rangel do Rosario

Assessoria Editorial  
Josete Pertel  
Mariana Lima de Jesus  
Pedro Junior Zucatelli  
Rafaella Rangel do Rosario

Assessoria Científica  
Elen Karla Trés  
Josete Pertel  
Rafaella Rangel do Rosario  
Sandrélia Cerutti Carminati

## **EDITORIAL**

A revista científica Mundo Tecnológico é uma iniciativa da Faculdade Multivix São Mateus que possibilita a divulgação de artigos e resumos de contribuições relevantes para a comunidade científica das diversas áreas de estudo que abrange a Instituição. Portanto, trata-se de um veículo de publicação acadêmica semestral, cujo público-alvo são professores e alunos de graduação e pós-graduação.

Diante disso, a Instituição almeja que a revista científica Mundo Tecnológico contribua para o fomento contínuo da prática da investigação, e promova o crescimento educacional.

# MUNDO TECNOLÓGICO

## Sumário

SANEAMENTO BÁSICO: BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO COMO ALTERNATIVA AO ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM AMBIENTES RURAIS .....	6
Armindo Trindade Alvin Neto <sup>1</sup> ; Darlene Gomes dos Santos <sup>1</sup> ; Débora dos Santos Santana <sup>1</sup> ; Poliana Sant'anna Zordan <sup>1</sup> ; Mariana Mareto Motta <sup>1</sup> .....	6
ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA SECADORES DE GRÃOS DE CAFÉ .....	24
André Guerra Batista <sup>1</sup> , Gabriel Souza Rosa <sup>1</sup> , José Henrique Barbosa <sup>1</sup> e Yago Costa da Silva <sup>1</sup> , Pedro Júnior Zucatelli <sup>2</sup> .....	24
ESTUDO SOBRE A REMOÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO DE EFLUENTES TEXTÉIS POR PROCESSO ADSORTIVO UTILIZANDO A CASCA DE TAMARINDO COMO ADSORVENTE.....	51
Evelyne Dias Almeida <sup>1</sup> ; Isaque Souza Beleza Vasconcelos <sup>1</sup> ; Sumani Scheidegger da Fonseca <sup>1</sup> ; Mariana de Jesus Lima <sup>2</sup> .....	51
ESTUDO DA CAPACIDADE ADSORTIVA DA BORRA DE CAFÉNO TRATAMENTO DE ÁGUA.....	66
Juliane Pires Martins <sup>1</sup> , Letícia Nascimento Correia Macedo <sup>2</sup> , Viviane Jamile Moraes da Fonseca <sup>3</sup> , Mestre Mariana de Jesus Lima <sup>4</sup> .....	66
REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA: ESTUDO SOBRE EFICIÊNCIA NO TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUAL .....	81
Alan Agostini <sup>1</sup> , Fillipe Pierote Cani Santos <sup>1</sup> , Lucas Vieira Félix <sup>1</sup> , Pedro Júnior Zucatelli <sup>2</sup> .....	81

## **SANEAMENTO BÁSICO: BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO COMO ALTERNATIVA AO ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM AMBIENTES RURAIS**

Armindo Trindade Alvin Neto<sup>1</sup>; Darlene Gomes do Santos<sup>1</sup>; Débora dos Santos Santana<sup>1</sup>; Poliana Sant'anna Zordan<sup>1</sup>; Mariana Maretto Motta<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Graduanda do Curso de Engenharia Civil pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus

<sup>2</sup> Docente – Engenharia Civil – Faculdade Multivix

### **RESUMO**

Este estudo teve por objetivo estudar a problemática envolvendo a falta de saneamento na área rural. Compreender como o indivíduo e o ambiente em que ele vive são afetados pela ausência de um sistema de saneamento é um passo importante na busca de soluções que mudem o cenário do saneamento nas zonas rurais do país. Partindo dessa afirmação o presente artigo almeja contribuir com informações relevantes sobre o cenário do saneamento básico no Brasil e espera confirmar os benefícios na implantação da Bacia de Evapotranspiração, nas áreas rurais, como alternativa ao esgotamento sanitário usual. A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste artigo consiste em pesquisas bibliográficas e pesquisa de campo permite observar um determinado local e/ou situação, observando uma realidade e, se necessário, buscando soluções para um problema específico. A bacia de evapotranspiração com o intuito de reduzir custos, tornando viável financeiramente a aplicação deste sistema nas áreas rurais em que o tratamento de esgoto é insuficiente e/ou inexistente. Em concomitante com a redução de custos estão os inúmeros benefícios trazidos ao ambiente físico, natureza esta que pratica a resiliência constantemente, todavia encontra-se no seu limite. Além de somar os resultados esperados citados acima, o fator primordial será a compilação do todo, onde a saúde terá a máxima atenção, e promovendo um ambiente limpo e livre da poluição demasiada, ofertando assim qualidade de vida e ambiental.

**Palavras-chave:** Saneamento; Ambientes Rurais; Fossa Verde.

### **ABSTRACT**

This study aimed to study the problem involving the lack of sanitation in rural areas. Understanding how the individual and the environment in which he lives are affected by the absence of a sanitation system is an important step in the search for solutions that change the sanitation scenario in rural areas of the country. Based on this statement, the present article aims to contribute with relevant information about the scenario of basic sanitation in Brazil and hopes to confirm the benefits of implementing the Evapotranspiration Basin, in rural areas, as an alternative to the usual sanitary sewage. The methodology used for the development of this article consists of bibliographic research and field research allows observing a particular location and/or situation, observing a reality and, if necessary, seeking solutions to a specific problem. The evapotranspiration basin in order to reduce costs, making the application of this system financially viable in rural areas where sewage treatment is insufficient and/or non-existent. In parallel with the cost reduction are the numerous benefits brought to the physical environment, a nature that constantly practices resilience, however it is at its limit.

In addition to adding the expected results mentioned above, the primary factor will be the compilation of the whole, where health will have the maximum attention, and promoting a clean environment and free from excessive pollution, thus offering quality of life and environment.

**Keywords:** Sanitation; Rural Environments; Green Trench.

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Ferreira, (2008, p.724) saneamento é: “série de medidas que tornam uma área sadia, limpa, habitável, oferecendo condições adequadas de vida para uma população ou para a agricultura”.

“O saneamento como o manejo das excretas humanas e outros resíduos produzidos sofreu, ao longo do tempo da história consideráveis alterações tecnológicas. Porém o gerenciamento de águas residuais tem ainda apresentado aos governos e as pessoas um desafio contínuo.” (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013, p. 213).

O saneamento surgiu da necessidade do homem manter o meio em que vivia, isento de sujeiras. A preocupação em manter os mananciais de águas livres de impurezas, fez com que os povos passados desenvolvessem seus próprios métodos de saneamento. Tomando alguns exemplos temos que, na pré-história os pequenos grupos alojavam-se próximo às fontes de águas, consumiam o necessário e quando as condições sanitárias encontravam-se precárias o grupo se deslocava para um novo, e limpo, acampamento. Com o passar de épocas, surgimento da agricultura e da formação de grupos sociais, o acúmulo de dejetos sólidos começou a atrair ratos, a poluir os mananciais e disseminar doenças, fazendo-se necessário a criação de sistemas de saneamento que preservassem os recursos hídricos e solos.

Segundo Sperling (1996, p.15):

[...] a interferência do homem, quer de uma forma concentrada, como na geração de despejos domésticos ou industriais [...] contribui na introdução de compostos na água, afetando a sua qualidade. Portanto, a forma em que o homem usa e ocupa o solo, tem uma implicação direta na qualidade da água.

“O desafio se dá, principalmente, devido ao crescimento populacional acelerado” (NUVOLARI, 2014, p.18), fato esse que, ligado às ocupações de terras desordenadas em países com grande índice de crescimento populacional,



mas sem suporte para lidar com as questões de saneamento, implicam em esgotos lançados a céu aberto, rios, lagos e mares, mananciais essenciais à manutenção da vida e que são levemente poluídos pela falta de planejamento e ações dos órgãos responsáveis. Do ponto de vista governamental, há a necessidade de investir em uma gestão eficaz na área de saneamento, lembrando que quando há medidas preventivas, menos se gasta com as corretivas, no caso abordado, investir em saneamento é ganhar em saúde. Educar a população para que a mesma saiba que o saneamento é um direito, que pode e deve ser exigido.

Nuvolari (2014, p.107) ainda destaca ação do homem e sua ganância como agentes diretos desses males quando diz:

Desde a Revolução Industrial, com o progressivo crescimento populacional econômico, o homem vem dilapidando a natureza, seja para dela extrair os recursos necessários a esse crescimento, seja lançando nela os detritos e as sobras resultantes das suas atividades. Assim é o que o solo, o ar e a água foram sendo progressivamente conspurcados pela poluição [...].

No Brasil, o saneamento básico obteve avanços a partir da década de 70, mas ainda hoje o país sofre com a falta de saneamento e/ou destinação e tratamento do esgoto sanitário. A disparidade entre as áreas urbanas, suburbanas e rurais tem índices alarmantes quando o assunto é saneamento básico. A estagnação do governo para um problema de cunho social tão grave faz com que sejam necessários novos projetos, com a finalidade de garantir às minorias o acesso ao saneamento básico e conseqüentemente a saúde.

Tendo em vista a deficiência no saneamento básico e os resultados negativos que a falta do mesmo provoca, o artigo científico proposto visa, através de pesquisas bibliográficas e de campo, abordar as questões direcionadas ao descarte de águas negras, domésticas, em fossas e/ou sumidouro, onde não há coleta e tratamento de esgoto. Em busca de uma alternativa que reduza o impacto ambiental gerado a longo prazo devido ao uso deste sistema, iremos expor a eficiência do emprego da Bacia de Evapotranspiração, também chamada de “fossa de bananeiras” ou “fossa verde”, é um sistema fechado de tratamento de águas negras, ou seja águas provenientes da utilização do vaso sanitário, como receptora no auxílio do esgotamento sanitário doméstico.

A ideia da Bacia de Evapotranspiração surgiu entre uma parceria do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) e a UFC (Universidade Federal do Ceará), como uma alternativa sustentável para destinação do esgoto sanitário residencial, e aproveitamento das águas residuais do mesmo em áreas rurais, onde, segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), menos de 20% das casas dispõem de saneamento. Segundo a orientadora do projeto, Ana Ecilda Lima Ellery, doutora em Saúde Coletiva, pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Saúde Pública pela Universidade Federal do Ceará (2004). Possui graduação em Psicologia pela Universidade Federal do Ceará (1995) e graduação em Serviço Social pela Universidade Estadual do Ceará (1982).

O artigo aborda as problemáticas que envolvem a falta de saneamento, tanto na área da saúde, quanto na área ambiental, para tanto se faz necessário conhecer a situação do saneamento no nosso país. Compreender como o indivíduo e o ambiente em que ele vive são afetados pela ausência de um sistema de saneamento é um passo importante na busca de soluções que mudem o cenário do saneamento nas zonas rurais do país.

Partindo dessa afirmação o presente artigo almeja contribuir com informações relevantes sobre o cenário do saneamento básico no Brasil e espera confirmar os benefícios na implantação da Bacia de Evapotranspiração, nas áreas rurais, como alternativa ao esgotamento sanitário usual.

A falta de saneamento, como é sabido, tem sido uma grande problemática no que diz respeito à contaminação do solo e dos mananciais de água, e vem sendo de forma indireta a principal causa de diversos tipos de doenças advindas do descarte indiscriminado desses dejetos. Analisando os fatos fica latente a necessidade de soluções permanentes e apropriadas para destinação dos resíduos.

A Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, chamada Lei do Saneamento Básico, estabeleceu que os serviços públicos de saneamento fossem prestados com base em 12 princípios fundamentais, destacando-se: a universalização do acesso; a integralidade dos diversos serviços de saneamento básico; a prestação dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à

proteção do meio ambiente; e a disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e dos patrimônios público e privado.

Sendo assim, foi feito um paralelo entre a situação do saneamento básico entre as áreas urbana e rural, a fim de estabelecer parâmetros que nos forneça informações relevantes e que reforcem nosso entendimento de que a fossa verde é uma alternativa eficiente para a problemática do esgotamento sanitário, bem como uma análise de custo entre as fossas convencionais e a fossa verde, considerando a minimização dos impactos ambientais.

Este estudo delimita-se a apresentar a bacia de evapotranspiração como uma alternativa ao esgotamento sanitário doméstico de águas negras, em zonas rurais, promovendo a preservação das fontes de água.

Segundo Spitzcovsky (2010) a Terra é composta por 70% de água, da qual 2,5% são de água doce e da qual 2,2% são de difícil acesso, restando apenas 0,3% para consumo do homem, de acordo com a Organização Mundial de Saúde, até 2025 em torno de 2,8 milhões de pessoas se encontrarão em uma situação onde haverá escassez de água. A abundância de água no planeta fez com o homem se tornasse imprudente e não tomasse medidas para preservar esse bem tão precioso, já estamos vivendo nos dias atuais as terríveis consequências do modo de vida perdulário e irresponsável no que se refere ao consumo desenfreado de água e a forma como lançamos os rejeitos de nossas atividades nos rios, mares etc.

O saneamento é uma prestação de serviço público fundamental, pois sem água não há sobrevivência, a necessidade de manter esses mananciais livres de poluição é uma questão de ordem mundial, sendo necessário cada país fazer sua parte investindo em saneamento e projetos que conscientizem a população do quanto as nossas ações influenciam o meio ambiente em que vivemos. Faz-se saber da importância e do papel que cada um tem, não apenas lutando pelo direito de usufruir do saneamento básico mas também fazendo a sua parte individualmente. Quanto mais cedo e urgente esse assunto for colocada em pauta pelos governantes, menos impactos negativos serão causados ao meio ambiente e a sociedade.

A Lei nº 6938 de 31 de Agosto de 1981 dispõem sobre a Política Nacional do Meio ambiente. Entende por meio ambiente e poluição:

Art 3º - Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:

I - meio ambiente, o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas;

II - degradação da qualidade ambiental, a alteração adversa das características do meio ambiente;

III - poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;

c) afetem desfavoravelmente a biota;

d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;

e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos;

Em 2011 o Brasil se encontrava na 112ª no *ranking* de países com saneamento básico. Quando se vê uma país, 7ª economia do mundo, em uma posição tão vergonhosa, questiona-se a eficiência dos nossos governantes e órgãos responsáveis. A falta de saneamento está intimamente ligada à disseminação de doenças, que podem ser adquiridas através de contato com as fezes lançadas *in natura* no meio ambiente, da contaminação da água ou até mesmo da contaminação de alimentos cultivados em solos poluídos.

Em seus estudos Nuvolari (2011, p.189) diz: “Quando o esgoto sanitário, coletado nas redes, é lançado *in natura* nos corpos d’água, [...] pode esperar, na maioria das vezes, sérios prejuízos à qualidade dessa água”. Qualidade essa que afeta diretamente o indivíduo que faz uso da mesma e a população mais afetada por essa falha no nosso sistema de saneamento é em sua grande maioria a população rural e/ou aqueles que estão na linha de pobreza extrema.

Mudar o cenário do saneamento nessas áreas é o primeiro grande passo na cura da nossa sociedade, humanizando, dando condições de saúde à sociedade socialmente excluída. É também um passo importante no auxílio da regeneração e resiliência do meio ambiente.

Propor a utilização da fossa verde na área rural como alternativa de esgotamento sanitário a fim de minimizar os impactos ambientais e simultaneamente oferecendo melhores condições de saúde, visto que, saneamento e saúde estão diretamente relacionados. E quanto aos objetivos específicos fizeram-se necessários os seguintes passos:

- Analisar a atual situação do saneamento básico e seu impacto na área da saúde e meio ambiente;
- Apontar a relação entre saneamento básico e desigualdade social;
- Mostrar os benefícios da bacia de evapotranspiração.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 IMPACTOS NA SAÚDE CAUSADOS PELA FALTA DE SANEAMENTO**

Atualmente sabemos que os serviços de saneamento são de vital importância para proteger a saúde da população, podendo minimizar as consequências da pobreza e proteger o meio ambiente. No entanto, a disponibilidade dos recursos financeiros para o setor de saneamento é escassa no Brasil. A ausência de serviços de saneamento básico resulta em precárias condições de saúde de grande parte da população brasileira, tendo como agravante a incidência de doenças, geradas pela veiculação hídrica, como diarreia, hepatite, cólera, parasitoses intestinais, febre tifoide, entre outras.

Segundo Oliveira Júnior (2013, p.213), “o tratamento de esgotos evoluiu com as sociedades humanas. Os cientistas sociais, sanitaristas e historiadores afirmam que os esgotos são uma fonte confiável de informações sobre o comportamento de uma sociedade”. No Brasil, a partir de 2001, houve um crescimento em relação à compreensão de que as atividades de saneamento integram diretamente as condições da saúde pública, visando ampliar a promoção e proteção da saúde coletiva. Destacando o crescimento da educação ambiental nos programas de saneamento, uma vez que, sem a participação da população não seria possível obter êxito.

É significativo o conhecimento, de que os custos com prevenção dessas doenças são menores do que os que se tem com a cura e a perda de vidas por causa delas, além de poder otimizar os gastos públicos com saúde, se o dinheiro investido em tratamento de doenças ligadas à falta de saneamento fosse direcionado para outras questões. Uma vez que, para reduzir os casos dessas doenças é fundamental que a população tenha acesso à água boa, tratamento correto do esgoto, destinação e tratamento do lixo, drenagem urbana, instalações

sanitárias adequadas e promoção da educação sanitária, onde é ofertado hábitos de higiene, entre outras ações.

Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografias e Estatística, cerca de 100 milhões de brasileiros vivem diariamente sem coleta e tratamento de esgoto. Isso acarreta uma direta contaminação do solo, além de ser responsável por cerca de 30% de toda mortalidade nacional. De todo o esgoto coletado, apenas 10% são tratados, o restante é despejado livremente nos rios.

Atualmente, a grande prioridade ambiental brasileira é a implantação do saneamento básico em áreas urbanas e rurais, visto que isso possibilitaria uma recuperação de grande parte da fauna, flora, do litoral e dos rios brasileiros, beneficiando diretamente a saúde da população, ajudando a reduzir a mortalidade infantil em grande escala. Além do fato de alguns estudos apontarem que o acesso à água limpa e esgoto tratado reduziria em um quinto os índices de mortalidade infantil, preservando a vida de cerca de 30 mil crianças, que todos os dias padecem em todo o mundo em virtude de doenças causadas pela falta de saneamento básico.

Estudos realizados por Teixeira e Guilhermino (2006 p.278) constataram que a mortalidade infantil, a mortalidade proporcional por diarreia aguda em menores de cinco anos de idade e a mortalidade proporcional por doenças infecciosas e parasitárias para todas as idades, estavam associadas com deficiências na cobertura por serviços de saneamento básico - água e esgotos - em 2001.

São muitas as doenças relacionadas à falta de saneamento, elas interferem na qualidade de vida da população e conseqüentemente no desenvolvimento do país. A maioria dessas doenças é de fácil prevenção, mas causam muitas mortes, como o caso da diarreia, entre crianças menores de cinco anos no Brasil. Os índices de mortalidade infantil também estão associados ao acesso a serviços de água, esgoto e destino adequado do lixo. Tais doenças são transmitidas pelo contato ou pela ingestão de água contaminada, pelo contato da pele com o solo e lixo contaminados. Com a presença de esgoto, água parada, resíduos sólidos, rios poluídos e outros problemas aumentam a contribuição para o aparecimento de insetos e parasitas que podem transmitir doenças. Dentre os diversos

problemas provenientes da falta de saneamento básico, a falta de esgoto tratado pode ser o maior causador, responsável direto pelos maiores transtornos à população. O principal objetivo do tratamento de esgoto sanitário é o controle e prevenção das enfermidades. A concretização de sistemas de saneamento básico em comunidades mais carentes, imediatamente apresentaria um grande passo de cidadania e responsabilidade, assim como aumentaria efetivamente o desenvolvimento social.

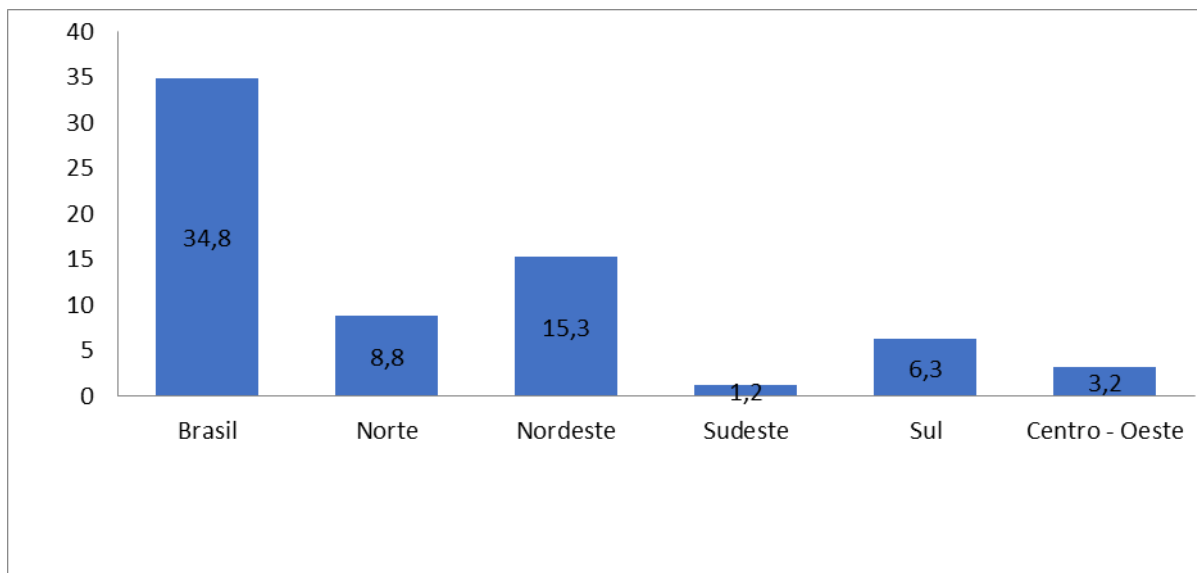
### 3.2 SANEAMENTO E A DESIGUALDADE SOCIAL

Embora o direito a saúde e saneamento sejam comuns a todo cidadão, na prática a aplicação e usufruto dos mesmos ainda é de domínio dos bairros centrais de grandes cidades, como afirma (OLIVEIRA, 2013, p.215). Nas periferias das grandes cidades ou em zonas rurais afastadas é comum o cenário de esgotos lançados a céu aberto sem nenhum critério, se não há acesso igualitário ao saneamento em todas as classes sociais o serviço prestado a alguns acaba se tornando, de forma indireta, obsoleto, pois o cidadão que não tem o acesso ao saneamento básico vai acabar poluindo a fonte de água que é de uso comum a todos, tornando o serviço de manutenção e preservação desses meios, mais oneroso. Outro ponto importante a ser considerado são as taxas cobradas pelo serviço de esgotamento sanitário, quando há, que não condizem com a renda dos moradores de periferia, tornando a inclusão social dos mesmos ainda mais problemática. A população pobre é a que mais sofre com a falta de saneamento, sendo notória a exclusão social a que estão submetidos, sendo negados seus direitos básicos à saúde.

Em 2008 o Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (IBGE) fez uma pesquisa nacional de saneamento básico, “ [...] com o objetivo de avaliar os serviços de água, esgotamento sanitário, manejo de águas pluviais e manejo de resíduos sólidos prestados à população pelas entidades que atuam no setor”. Foi verificado que 2495 de um total de 5565 municípios não possuíam esgotamento sanitário com rede coletora, cerca de 34,8 milhões de pessoas expostas aos riscos inerentes a falta de saneamento. O gráfico 1 nos mostra a situação do

saneamento de acordo com as regiões do Brasil, mostrando a quantidade (em milhões) de pessoas que viviam, em 2008, sem saneamento básico.

GRAFICO 1: NÚMERO DE PESSOAS SEM ACESSO A REDE COLETORA DE ESGOTO, SEGUNDO AS GRANDES REGIÕES - 2008



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008.

Segundo o Censo Demográfico (IBGE, 2010) as regiões Norte e Nordeste possuem a maior concentração de população rural quando relacionadas à população urbana. De acordo com a Tabela 1.

TABELA 1: POPULAÇÃO NOS CENSOS DEMOGRÁFICOS 2010, SEGUNDO AS GRANDES REGIÕES

Região	População Urbana	População Rural
Norte	11.664.509	4.199.945
Nordeste	38.821.246	14.260.704
Sudeste	74.696.178	5.668.232
Sul	23.260.896	4.125.995
Centro – oeste	12.482.963	1.575.131

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2010



Em sua publicação sobre Saneamento Rural, a Funasa cita dados do IBGE que nos dá uma dimensão do quão alarmante é a situação da população rural. Segundo o IBGE 46,7% da população que vive em pobreza extrema, sendo consideradas extremamente pobres as pessoas com renda mensal de até R\$ 77,00, linha oficial do Bolsa Família fixada com base na referência das Nações Unidas para os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, estão alocados nas zonas rurais. Ora, o que já era um cenário precário se torna ainda mais grave, visto que esses indivíduos não têm acesso facilitado aos tratamentos das possíveis complicações de saúde advindas da falta de saneamento.

Gilson de Carvalho Queiroz Filho, presidente da Fundação Nacional de Saúde, afirma, “Analisar e conhecer a dinâmica atual do mundo rural, com todas as suas novas peculiaridades é de fundamental importância para a definição de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento rural, regional, sustentável e saudável”.

É necessário que os órgãos responsáveis voltem sua atenção para as áreas rurais, elaborando projetos de saneamento compatíveis com a realidade do meio rural. Um dos maiores entraves é o jogo político e econômico como bem diz Oliveira Júnior (2013, p.217), “[...] os entraves para a inclusão social em saneamento urbano e rural são relacionados tanto a questões políticas, quanto aos aspectos fortemente influenciados por investimentos econômicos [...]”.

Para melhor compreender a extensão do problema, seguem as áreas consideradas rurais pelo IBGE:

- Aglomerado de extensão urbana- assentamentos situados em áreas fora do perímetro urbano legal.
- Povoado - aglomerados sem caráter privado ou empresarial.
- Núcleo - Aglomerado rural isolado vinculado a um único proprietário do solo.
- Outros Aglomerados - aglomerados que não dispõem, no todo ou em parte, dos serviços ou equipamentos definidores dos povoados e que não estão vinculados a um único proprietário.

É discrepante como o saneamento é tratado nas áreas urbanas e rural, quando o mesmo é de direito coletivo, e tendo em vista a quantidade massiva de indivíduos que não usufruem desse privilégio, vê-se a urgência em medidas alternativas que possam prover saúde, dignidade ao indivíduo e ao meio ambiente.

### 2.3 LEGISLAÇÃO

Segundo Nuvolari (2011, p.189) em média 99,9% de água é composto o esgoto sanitário e 0,1% são sólidos, deste 0,1%, 75% são constituídos de matéria orgânica em processo de decomposição, onde se proliferam microrganismos patogênicos comprometendo a saúde da população contribuinte.

Quando esse esgoto é lançado *in natura* sem receber nenhum tratamento adequado, traz grandes prejuízos à qualidade da água que se encontra nos corpos d'água, trazendo além de uma visual desagradável afeta a sobrevivência dos seres aquáticos, mal cheiro e a contaminação de animais e seres humanos pelo consumo ou contato com essa água.

Algumas substâncias lançadas ao ar livre são carregadas de impurezas que são altamente químicas e que muitas vezes não “digeridos” pela natureza, tais como:

- Detergente: a maioria dos detergentes contém o nutriente fósforo na forma de polifosfato;
- Cloreto de sódio: cada ser humano elimina, em média, pela urina, 1,5 gramas/dia;
- Ureia, amoníaco e ácido úrico: cada ser humano elimina de 14 a 42 gramas de uréia por dia.

Após quase completarem duas décadas para a implementação do regulamento para o setor de saneamento básico, foi editada a Lei Federal nº 11.445/2007, onde a mesma estabelece diretrizes para a prestação de serviços públicos com base em princípios fundamentais, aborda um conjunto de serviços que é dado pela coleta, tratamento e disposição final adequada dos esgotos sanitários, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, além da limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos. Esta Lei apresentou expressamente, sem

dúvida, a direção correta para o surgimento de um sistema de normas totalmente estruturado e eficiente, indo de encontro apenas com os entraves no que tange ao planejamento e suas abrangências, bem como a melhor forma de integrá-los a outros planos (planos diretores, bacias hidrológicas, planos ambientais, saúde), sendo esta integração de suma importância para disseminar a vida e proteger o meio ambiente. Assim, sob esse foco, as Políticas Estaduais de Saneamento, devem prever e promover a incorporação dos serviços de saneamento básico concomitante a outros serviços públicos, a fim de garantir a segurança e a eficiência sanitária, bem como o meio ambiente e a gestão dos recursos hídricos.

## 2.4 BET – BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

### 2.4.1 PROCESSO

Segundo Vieira (2010),

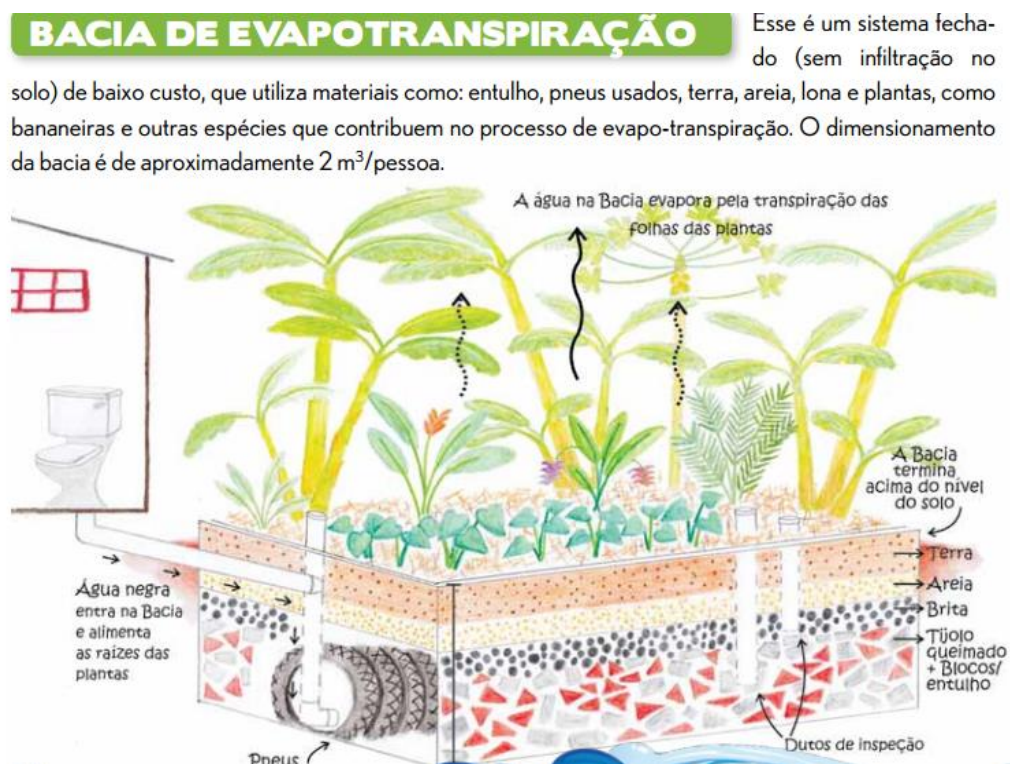
A Bacia de Evapotranspiração, conhecida popularmente como “fossa de bananeiras”, é um sistema fechado de tratamento de água negra, aquela usada na descarga de sanitários convencionais. Este sistema não gera nenhum efluente e evita a poluição do solo, das águas superficiais e do lençol freático. Nele os resíduos humanos são transformados em nutrientes para plantas e a água só sai por evaporação, portanto completamente limpa.

A BET ou bacia de evapotranspiração, também conhecida como Fossa Verde é um sistema que trata somente das águas advindas dos vasos sanitários, chamada de água negra. Podemos observar na Figura 1 que este sistema funciona levando as águas negras para uma câmara anaeróbica onde os resíduos sólidos vão se liquefazer pelo processo de fermentação pelas bactérias anaeróbicas, que não necessitam de oxigênio e luz para sobreviver e tem como obtenção de energia o processo de fermentação, que fazem a primeira decomposição dos dejetos, escoando a água pelos orifícios e entulhos.

Como a água está presa na bacia, a percolação é feita de baixo para cima. O nível da água sobe e passa pelo segundo filtro na camada de brita de cerca de 20 a 25 cm de altura. Posteriormente chega-se ao terceiro filtro na camada de areia onde passa por uma filtragem mais fina. Nessa camada inicia-se o processo de digestão aeróbica, que necessita de oxigênio para ocorrer, pois se encontra partículas de oxigênio em seu meio, onde as bactérias fazem o uso para decompor nitritos, nitratos e outros compostos orgânicos, e por capilaridade estes

compostos sobem pela terra. No último ponto de filtragem, na camada da terra, a água já chega 99% limpa para ser absorvida pelas raízes das bananeiras e/ou vegetais de folhas largas como mamoeiros, couves, taioba, entre outros ali cultivados, retornando, por fim, para o meio ambiente pelo processo de transpiração das folhas que é o princípio fundamental da BET, pois graças a ele é possível o tratamento final da água.

Na figura 1, a seguir, podemos observar o processo de evapotranspiração.



**Figura 1 - Esquema da Bacia de Evapotranspiração**

Fonte: Sítio Alto Paraíso: Tratamento de efluentes

#### 2.4.2 EXECUÇÃO

Na fase de construção da bacia é de suma importância definir o local onde a mesma será construída, pois como a evapotranspiração depende, na sua maioria, do sol, a mesma deverá ser posicionada em direção em que não haja obstáculos tanto para não fazer sombra como permitir a ventilação. Primeiro escava-se um buraco no solo cujo seu dimensionamento será dado pela necessidade de atender a edificação, onde a base de cálculo para o dimensionamento da bacia segundo Vieira (2010), é de 2 m<sup>3</sup> por pessoa.

A vedação desse buraco é feito em alvenaria e deverá ser impermeabilizado, onde na base central transversal da bacia é construída a câmara anaeróbica que irá receber as águas negras e fazer o processo de decomposição dos dejetos. Preenchem-se as laterais da câmara com entulho (telhas quebradas, tijolos quebrados), posteriormente a camada de brita, em seguida a areia e por último a camada de terra onde será plantado a bananeira e/ou vegetais. Faz-se necessário a introdução de um tubo de inspeção para que a vistoria seja feita e o controle das águas seja realizado.

Esse tubo permite um acompanhamento da situação ocorrente na câmara e o mesmo ficará na maior parte tampado. Não há com que se preocupar com transbordo da água, pois o processo de transpiração permite um ciclo contínuo. Os custos com a construção de uma bacia de evapotranspiração comparados com as das outras fossas sépticas de águas negras convencionais é relativamente o mesmo, embora os materiais usados contenham materiais reutilizados como pneu e entulho, o dimensionamento definido pode acabar em deixar a bacia com o valor de construção no páreo com as fossas convencionais. Segue abaixo na figura 2 as etapas de execução de uma BET.





Figura 2- Passo a passo execução da BET  
Fonte: PEAMSS/Jacobina-BA (2012)

### 3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste artigo consiste em pesquisas bibliográficas que, segundo Barros (2007, p.85) “ a pesquisa bibliográfica é a que se efetua tentando-se resolver um problema ou adquirir conhecimentos a partir do emprego predominante de informações advindas de material gráfico, sonoro e informatizado.” incluindo artigos científicos e livros que discorrem sobre o assunto em questão.

Far-se-á necessário esta metodologia uma vez que a pesquisa de campo permite observar um determinado local e/ou situação, observando uma realidade e, se necessário, buscando soluções para um problema específico. A pesquisa bibliográfica auxiliará na busca por dados.

### 4 RESULTADOS ESPERADOS

Diante da atual situação, no que se refere a Saneamento Básico, inúmeras providências estão sendo tomadas para a mitigação dos impactos negativos que são gerados no Meio Ambiente e na Saúde da população.

Pretende-se com o desenvolvimento deste artigo consolidar todas essas possibilidades além de trazer benefícios efetivos ambientais e à sociedade. Promover a apropriação popular de tecnologia social simples e eficiente em saneamento básico ambiental que possa ser construída e gerida por comunidades em áreas de difícil acesso. Utilizando a bacia de evapotranspiração com o intuito de reduzir custos, tornando viável financeiramente a aplicação deste sistema nas áreas rurais em que o tratamento de esgoto é insuficiente e/ou inexistente. Em concomitante com a redução de custos estão os inúmeros benefícios trazidos ao ambiente físico, natureza esta que pratica a resiliência constantemente, todavia encontra-se no seu limite.

Além de somar os resultados esperados citados acima, o fator primordial será a compilação do todo, onde a saúde terá a máxima atenção, e promovendo um ambiente limpo e livre da poluição demasiada, ofertando assim qualidade de vida e ambiental.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACIA de Evapotranspiração. **Sítio Alto Paraíso**, s.l, 26 Jun. 2014. Disponível em:

<<https://sitioaltoparaiso.wordpress.com/2014/06/26/como-estao-nossos-efluentes/>>. Acesso em: 30 Mai. 2016.

BARROS, A.;LEHFELD, Neide. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 3. Ed, São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

BRASIL. Lei nº6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõem sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. **Presidência da República, Casa Civil**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313>>. Acesso em 18 Abr. 2016

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Presidência da República, Casa Civil**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)>. Acesso em 17 Abr. 2016.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa**. 5ª ed.. Curitiba: Positivo, 2008, p.214.

NUVOLARI, Ariovaldo et al. **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 2 ed. rev. atual.e ampl. São Paulo: Blucher, 2011.

OLIVEIRA, Gláucia. **Saneamento Rural: o desafio de universalizar o Saneamento Rural**. 10<sup>a</sup> ed. Brasília, dez. 2011. Disponível em: <[http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/blt\\_san\\_rural.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/blt_san_rural.pdf)>. Acesso em: 18 Abr. 2016.

OLIVEIRA JR, JL. **Tratamento descentralizado de águas residuárias domésticas: uma estratégia de inclusão social**. Campina Grande: EDUEPB, 2013, PP.213-232.

PHILPPI JR, Arlindo et. al. **Gestão de Saneamento Básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. 1<sup>a</sup> Ed. Barueri, SP: Manole, 2012.

PEAMSS / Jacobina-BA. Projeto **de Educação Ambiental e Mobilização Social em Saneamento**. GAPEAMSS Constrói Bacia de Evapotranspiração em Comunidade de Jacobina, s.l, 13 Mar. 2012. Disponível em: < <http://jacobina-peamss.blogspot.com.br/2012/03/gapeamss-construi-bacia-de.html>>. Acesso em 20 Jun. 2016.

SINOPSE do Censo demográfico 2010. **IBGE**, s.l, s.d. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>>. Acesso em: 26 Abr.2016.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**; Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; vol. 1, 3<sup>a</sup>ed., Belo Horizonte: DESA-UFMG, 452p. 2005.

SPITZCOVSKY, Débora. Planeta Água. **Planeta Sustentável**, s.l, 19 Mar. 2010. Disponível em:<

<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/agua-disponibilidade-uso-consumo-desperdicio-falta-saneamento-541962.shtml>>.

Acesso em 17 Abr. 2016

TEIXEIRA, Júlio César et al. **Análise da associação entre Saneamento e Saúde nos estados brasileiros: estudo comparativo entre 2001 e 2006**. s.l, s.d. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n2/v16n2a14.pdf>>. Acesso em: 19 Abr. 2016.

VIEIRA, Itamar. **BET – Bacia de Evapotranspiração**. Criciúma - SC, 16 out 2010. Disponível em:<<http://www.setelombas.com.br/2010/10/bacia-de-evapotranspiracao-bet>>. Acesso em 18 Jun. 2016.

\_\_\_\_\_. et al. **Análise da associação entre Saneamento e Saúde nos estados brasileiros**, empregando dados secundários do banco de dados indicadores e dados básicos para saúde 2003. IBD, s.l, s.d. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522006000300011](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522006000300011)>. Acesso em: 19 Abr. 2016.



## ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA SECADORES DE GRÃOS DE CAFÉ

André Guerra Batista<sup>1</sup>, Gabriel Souza Rosa<sup>1</sup>, José Henrique Barbosa<sup>1</sup> e Yago Costa da Silva<sup>1</sup>,  
Pedro Júnior Zucatelli<sup>2</sup>

1 - Acadêmico de Engenharia Mecânica

2 - Mestrado – Professor Multivix São Mateus

### RESUMO

A intenção deste projeto é mostrar como os secadores de café feitos por painéis solares podem afetar a produção do café e a sua qualidade. Essa amostragem foi realizada através de um comportamento qualitativo, focada em uma pesquisa de campo relacionada com uma pesquisa feita com base na fazenda. Dentro desta abordagem foram realizados entrevistados com os profissionais que estão interligados, diretamente ou indiretamente, com a produção do café, sendo ele na colheita ou na área de secagem dos grãos de café. Os resultados primordiais, retirados da pesquisa, mostram que, o secador de café feito de partir de painéis solares obtém uma eficiência e uma agilidade maior na secagem do café, sem perder a sua qualidade, o que faz com que haja uma produtividade maior de café e que a secagem seja eficaz, já que não dependerá do clima para que o mesmo ocorra. Desta forma, é possível concluir que, para aperfeiçoar a secagem do café por meio de painéis solares, é necessário um investimento, mas que irá obter um resultado eficaz e um retorno financeiro, já que conseguirá produzir e vender mais café, de acordo com o produtor da fazenda, e utilizará a energia renovável como base para domínio do projeto.

**Palavras-Chave:** Energia Renovável; Secagem; Produção; Energia Solar.

### ABSTRACT

The intention of this project is to show how coffee dryers made by solar panels can affect coffee production and quality. This sampling was carried out through a qualitative behavior, focused on documentary research related to a research based on the farm. Within this approach, interviewees were carried out with professionals who are directly or indirectly connected with the production of coffee, whether it is in the harvest, production or drying area of coffee beans. The primordial results, taken from the research, show that the coffee dryer made from solar panels obtains greater efficiency and agility in drying the coffee, without losing its quality, which leads to greater coffee productivity. and that drying is effective, since it will not depend on the climate for it to occur. Thus, it is possible to conclude that, in order to optimize the drying of coffee by means of solar panels, an investment is necessary, but that it will obtain an effective result and a financial return, since it will be able to produce and sell more coffee and use renewable energy as basis for project domain.

**KEYWORDS:** Renewable Energy; Drying; Production; Solar energy.

## 1.INTRODUÇÃO

O agronegócio exerce uma forte influência no PIB brasileiro correspondendo a cerca de 23% no ano de 2016, (CNA, 2016, p.1). Dentro desse seguimento, a produção de grãos como: café, milho, soja e trigo são alguns dos destaques, com produções respectivamente de 93,260, 113,920 e 6,726 milhões de toneladas, durante a safra de 2016/2017, (CONAB, 2017, p.1). “A secagem de produtos agrícolas ocorre desde os primórdios da civilização. No início, não havia qualquer preocupação com a armazenagem e a diminuição de umidade ocorria no próprio campo” (MOHAJER et al., 2013, p.43).

Com o crescimento da demanda de alimentos e também por processos em que houvesse a possibilidade de controlar o ambiente de secagem, surgiram os secadores convencionais de grande porte, usados na atualidade (TABORDA, 2017). Na secagem comercial empregam-se secadores convencionais, que utilizam fontes de energia como: lenha, resíduos agrícolas ou combustíveis fósseis, para o aquecimento do ar de secagem em suas fornalhas (SILVEIRA, 2016).

No sistema produtivo agrícola ainda há grande ênfase às pesquisas sobre secagem de grãos, pois este processo demanda uma grande quantidade de energia, no caso específico do café a energia gasta na operação de secagem pode corresponder à até 50% do consumo total de energia envolvido na produção deste grão (LOPES, AFONSO, SILVA, 2000).

Em conformidade ao que foi descrito anteriormente sobre a secagem dos grãos e ligando com a produção de energia solar para alavancar o funcionamento desses secadores, Silveira (2016), afirma que é possível dizer que a energia solar é considerada uma fonte de energia inesgotável e por essa razão, atualmente, vem se tornando uma das alternativas a serem empregadas nas fontes geradoras de energia, apresentando maiores possibilidades de uso, para auxiliar e melhorar o futuro e a vida das pessoas.

A secagem de produtos agrícolas ocorre desde os primórdios da civilização. No início, não havia qualquer preocupação com a armazenagem sendo que a diminuição da umidade ocorria dentro do próprio campo. Devido ao aumento na demanda de alimentos e aos processos em que ocorreu a possibilidade de controlar o ambiente de secagem, foram sugeridos secadores convencionais e de grande porte, utilizados hoje na zona rural (BALA, 2016, p.57).

Mediante o que foi descrito, Mohanraj e Chandrasekar (2009) afirmam que para a secagem comercial são utilizados secadores convencionais onde estes fazem o uso de fontes de energia como: a lenha ou resíduos agrícolas de combustível fóssil, para que ocorra o aquecimento do ar de secagem e também de suas fornalhas. Na prática, são utilizados diversos equipamentos que exigem um alto nível de investimento e grande custo de manutenção, além de serem causadores de problemas ambientais, como por exemplo: a emissão de gases que são nocivos ao meio ambiente provocando o efeito estufa.

De acordo com o que foi mencionado, Ribeiro (2011) mostra que, com o decorrer do tempo vem crescendo a demanda de café especial, onde cada vez mais é a sua exigência da qualidade e a valorização dos grãos. Entretanto, para que isso aconteça, existe uma grande dependência de como é realizada a sua produção. Todavia, sempre é pensado na diminuição dos gastos com a energia elétrica, para que possa gerar um lucro maior para o produtor, sem perder em ofertar uma matéria-prima de qualidade.

De acordo com o que foi descrito anteriormente, é possível afirmar que o objetivo da escolha do tema deste projeto é mostrar as qualidades da secagem automática, ou seja, por painéis solares. De forma específica o objetivo do projeto era mostrar que a secagem utilizando painéis solares tem uma ligação com a qualidade do café, que esse modelo de secagem tem um impacto nas vendas do café e que o mesmo agiliza o processo de secagem aumentando a produção.

Em conformidade ao que foi explanado no parágrafo anterior, vai ser realizado um estudo baseado em uma fazenda produtora de café, que fica localizada ao norte do estado do Espírito Santo, na cidade de Jaguaré-ES, como os donos da fazenda não permitiram a divulgação do nome, a fazenda será nomeada de "X", que tem o sistema de secagem movido à queima de lenha, mas com a intenção de mudar esse sistema de secagem.

Com o surgimento da globalização, um dos maiores avanços ocorridos no Brasil foi o investimento em fontes de energia que agridam menos o meio ambiente. De acordo com Banout (2011), o Brasil é um dos países que mais investem em energias sustentáveis, mas ainda assim é um investimento baixo. Por esse motivo muitos brasileiros estão transformando as fontes de energia renováveis em algo para consumo próprio, como os painéis de energia solar.

Mediante o que foi descrito anteriormente, Santos, Queiroz e Borges (2012) afirmam que a energia solar por ser renovável, ela vem ganhando grande espaço como uma fonte de energia alternativa, podendo, até mesmo, ser utilizada como fonte para a secagem de grãos, substituindo, assim, a fonte de energia elétrica utilizada antes.

Por isso, a maior indagação para a confecção do projeto é: Como os secadores de café automatizados podem facilitar a secagem dos grãos de café sem comprometer a qualidade do produto e como o tempo de secagem pode interferir na qualidade da mesma?

Para uma compreensão do tema e dos recursos utilizados para a montagem da pesquisa, a seguir será apresentado o referencial teórico, que explicará mais sobre o que é a energia solares e explicar sobre os secadores solar, depois iremos abordar sobre energia térmica solar e fotovoltaico como modelos de geração de energia elétrica e por último será abordado um pouco sobre a secagem do café, para melhor esclarecimento sobre o que foi analisado durante a montagem da pesquisa, e os resultados da pesquisa feita com a coleta de dados, através dos dados extraídos da Fazenda X.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 ENERGIA SOLAR**

As fontes de energia, quase todas elas, são provenientes da energia solar de forma indireta, essas fontes são: a energia hidráulica, a proveniente da biomassa, a energia eólica, a produzida por combustíveis fósseis e a que emana dos oceanos, isso pode ocorrer pela incidência dos raios solares. Além disso, a radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica ou elétrica (ANEEL, s.d.). Essa potência pode ser transformada em energia elétrica de forma direta, por meio das placas solares, essa energia pode ser tanto uma termoelétrica quando uma fotovoltaica.

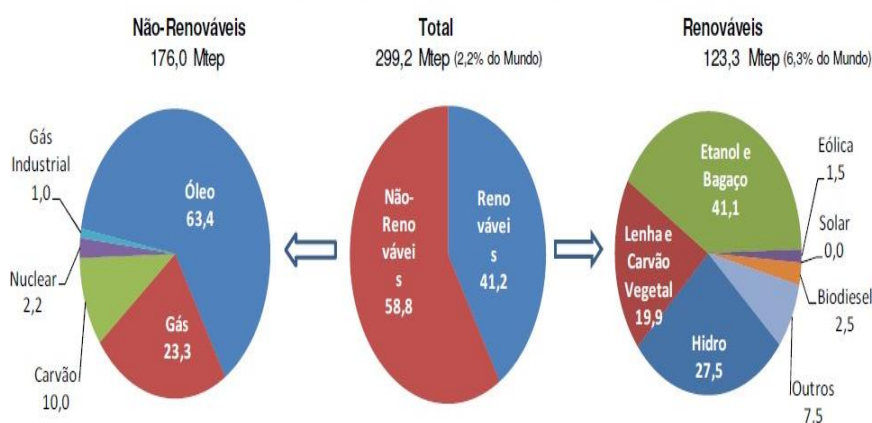
A energia solar térmica é uma forma de utilização direta da energia solar, para uma melhor eficiência de sua utilização é necessário o uso de coletores solares, os quais captam e, em alguns casos, intensificam os raios solares. Estes fornecem uma energia limpa e não lançam

resíduos na atmosfera. Com a crescente demanda de energia no planeta e a iminente escassez de energias não renováveis, torna a utilização da energia solar e outras energias renováveis cada vez mais importante. (TABORDA, 2017, p.15)

O Brasil, por sua localização e extensão territorial, recebe energia solar da ordem de 1013 MWh anuais, o que corresponde a cerca de 50 mil vezes o seu consumo anual de eletricidade, tornando a energia solar promissora para suprir grande parte da demanda da matriz energética no país (OLIVEIRA; ROCHA; MARTINS, 2015).

Apesar da alta incidência no país, a energia solar ainda é pouco utilizada na matriz energética brasileira (TABORDA, 2017). De acordo com Brasil (2016) o emprego da energia solar dentro de um cenário mundial não alcança nem 0,01% do total de energia produzido nos países. A Figura 1 abaixo explana bem o que foi descrito.

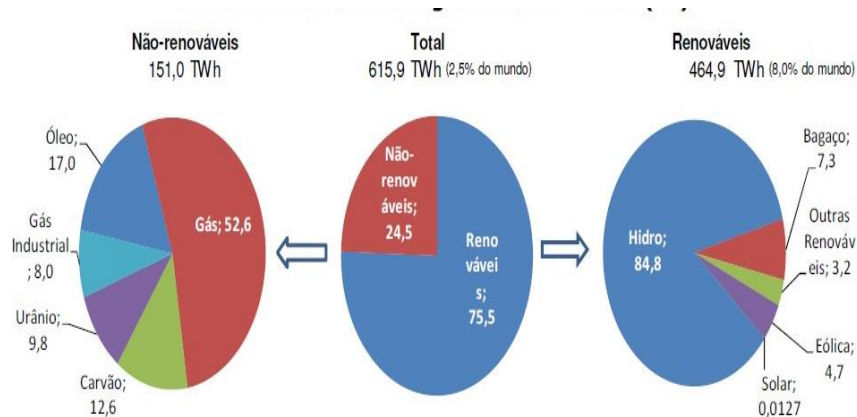
Figura 1: Oferta de Energia Mundial.



Fonte: Brasil; 2016.

Ainda segundo Brasil (2016), quando o cenário é voltado para o Brasil e é levado em consideração apenas a matriz elétrica do país, a interação da energia solar diminui e chega a representar 0,0127% do total produzido de energia, isso dá mais ou menos 59 GWh. A Figura 2, abaixo, representa de forma clara o que foi citado acima.

Figura 2: Oferta Interna de Energia Elétrica



Fonte: Brasil; 2016.

Para a implementação correta de qualquer projeto que utilize energia solar é necessário o conhecimento do potencial solar na região de implantação dos coletores solares para se realizar as estimativas de eficiência dos mesmos. Isto é, a medição do máximo possível de radiação solar incidente sobre a superfície do solo, para um determinado dia e local, estando a atmosfera presente e completamente isenta de nuvens durante todo o dia (TOBORDA, 2017, p.17)

Para a análise do potencial solar do local, é definida a constante solar com o valor de  $1353 \text{ W/m}^2$  obtida através de medições diretas da radiação solar fora da atmosfera da Terra em diferentes programas experimentais (DUFFIE; BECKMAN, 2013). Após definida o valor da constante solar, uma série de cálculos são realizados para encontrar a radiação solar incidente no local. (TOBORDA, 2017).

Na fazenda X, o sistema fotovoltaico utilizado para a produção de energia é denominado Off Grid. “Hoje em dia a utilização dos sistemas fotovoltaicos Off-grid são utilizados para levar energia elétrica a localidades não atendidas pela rede elétrica, ou para manter algum equipamento operando mesmo quando há falta de energia na rede pública” (SOUZA, 2016, s.d). A fazenda utiliza o sistema off grid por ter a sua localização em local afastado com um acesso difícil a energia elétrica e com uma incidência na falta de energia elétrica.

## 2.2 COLETORES SOLARES ARMAZENADORES DE CALOR

A utilização direta da energia solar em forma de calor ou energia térmica com uma certa qualidade, é realizada com a utilização de coletores solares, como é o caso do coletor solar plano armazenador de calor. Segundo Taborda (2017) este modelo de coletor solar conta com materiais onde a energia térmica fornecida pelo sol pode ser armazenada em forma de calor sensível ou calor latente, como por exemplo o coletor armazenador com leito de rochas ou brita.

Segundo Babagana et al. (2012), em consequência a essa perda de carga o fluido deverá contar com um sistema de bombeamento para suprir essa perda de pressão, sendo fundamental o correto dimensionamento do sistema para que se encontre um ponto ótimo entre tamanho do coletor, leito rochoso, perda de carga e potência necessária para bombear o fluido.

Conforme afirma Brito (2006) o efeito fotovoltaico foi percebido pela primeira vez por volta do ano de 1839 através do físico de nome Alexandre Edmond Becquerel, que realizou algumas experiências eletroquímicas e analisou o caso que a luz solar através do contato com eletrodos de platina ou de prata faz com que ocorra o chamado efeito fotovoltaico. Essa descoberta foi fundamental para que fosse possível realizar o projeto da primeira célula fotovoltaica.

De acordo com Rosa (2012) após esses avanços, Adams e o seu aluno Richard Day foram os primeiros inventores a realizar um projeto e de construção da primeira placa sólida fotovoltaica que ocorreu no ano de 1877. Essa placa possuía em suas características uma película de selênio que era responsável por realizar o apoio em uma camada de ferro e uma película muito fina de ouro, o qual se localizava na frente para um contato frontal. Esse projeto foi responsável por realizar conversão em uma taxa de 0,5 %.

Já nas décadas de 80 e 90, os investimentos no setor da energia solar começaram a ser muito grande devido à ocorrência das mudanças climáticas. Segundo Schuck (2012), alguns exemplos dessa utilização solar foram: a realização da instalação da primeira central solar de grande envergadura (1MWp) no estado da Califórnia nos Estados Unidos por volta do ano de 1982 e o início do programa de “telhados solares” no país da Alemanha por volta do ano de 1990 e finalmente, no Japão em 1993.

De acordo com Duffie e Beckman (2013), no fim da década de 90, por volta do ano de 1998 depois de ocorrer diversos experimentos de eficiência da célula solar foi atingido o recorde de 24,7 % através do uso de células de silício mono cristalinas. As células com configurações consideradas mais complexas (que são denominadas células em cascata) permite que ocorra rendimento de conversão superiores a 34%.

## 2.3 ENERGIA TÉRMICA SOLAR E FOTOVOLTÁICO COMO MODELOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

### 2.3.1 Energia Térmica Solar

Quando se menciona energia solar térmica, pensa-se na utilização direta da energia solar simples. Por se tratar de uma fonte de energia renovável; aquela em que a sua utilização se pode manter e ser aproveitada ao longo do tempo sem possibilidade de esgotamento dessa mesma fonte (o sol). Babagana et al. (2012) mostram que, entretanto, para uma melhor aplicabilidade de seu uso é preciso o uso de coletores solares, os quais captam e, em alguns casos, intensificam os raios solares. Estes fornecem uma energia limpa e não lançam resíduos na atmosfera. Com a crescente demanda de energia no planeta e a iminente escassez de energias não renováveis, torna a utilização da energia solar e outras energias renováveis cada vez mais importantes.

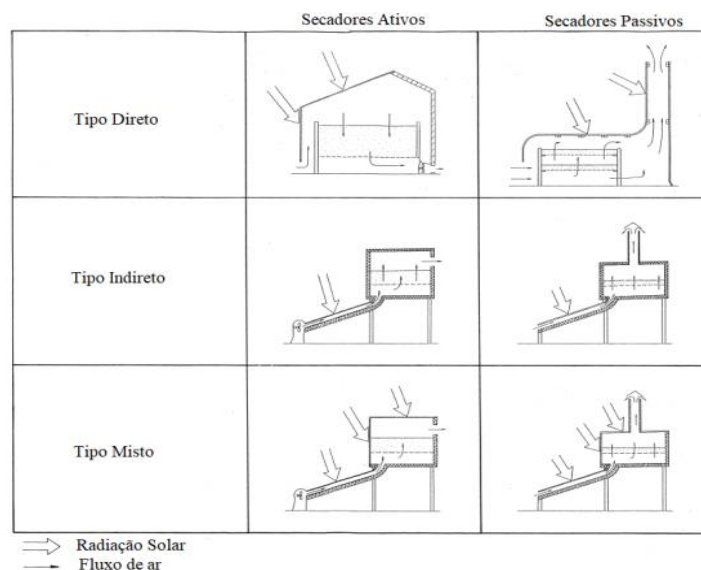
Para Silveira (2016), a energia térmica faz um aproveitamento utilizando o calor como meio de processo termodinâmico, o uso da energia solar para aquecê-lo ocorre a geração de energia elétrica através da secagem de produtos agropecuários. A captação da energia solar acontece através da utilização de coletores ou através de concentradores solares, que através da utilização de processos térmicos transforma em calor.

É muito utilizada na secagem de grãos a baixa temperatura o coletor solar plano, que recebe energias oriundas do sol e realiza a sua transformação em energia térmica. De acordo com Rosa (2012) o coletor é formado por uma caixa que dentro do seu interior possui tubos, que são normalmente utilizados o material de cobre, por onde ocorre a circulação dos fluídos. As arestas são responsáveis pela captação e absorção da energia solar e também por realizar a sua conversão. Na Figura 3, são exemplificados modelos de secadores de café



por placas solares, a fim de mostrar formas de se implementar a energia fotovoltaica.

Figura 3: Tipos De Secadores Solares



Fonte: Ekechukwu e Norton (1999)

De acordo com Mohajer (2013), a energia térmica transmite o seu fluido por meio dos tubos, que são revestidos de escuro onde possa ocorrer uma maior absorção da radiação solar incidente. A cobertura é transparente para que possa diminuir possíveis interferências na passagem dos raios solares.

### 2.3.2 Energia Fotovoltaica

A energia solar é possível de ser convertida em energia elétrica através de uma absorção de luz por uma superfície semicondutora, onde esse processo é denominado de efeito fotovoltaico. De acordo com Cresesb (2014) o aparecimento distinto de um potencial nos extremos de um material semicondutor através da absorção de luz.

Para Silveira (2016), a luz solar possui uma energia chamada de energia fótons que é transferida aos elétrons, que são capazes de se movimentar e gerar energia elétrica. Os fótons são convertidos em energia elétrica através do uso de células solares. Uma vez, combinada com uma bateria se torna possível armazenar essa energia produzida através do sol.

O Brasil possui a capacidade em sua real produção de energia, ou seja, todos os tipos de usinas que produzem energia elétrica, possuem a capacidade

de 135 gigawatts (GW). Dentro desta quantidade, o número de 0,0010% é realizado esse fornecimento através do sistema solar de fotovoltaicos, esses sistemas são responsáveis por produzir a energia através da utilização da luz solar em energia elétrica. Devido a esses números é possível realizar uma reflexão que justifica a razão do Brasil em possuir uma taxa de menor custo e sustentável para a energia abundante. (SILVEIRA, 2016)

De acordo com a ANEEL (s.d), o Brasil vem tendo um aproveitamento ruim devido ao seu potencial de produção de energia solar. A produção do Brasil quando comparada a diversos países pode ser classificada como residual, como por exemplo; a eólica. A CONAB (2017) apresentou uma estimativa de produção de 283,5 milhões de MW por cada ano de energia fotovoltaica em caso de se utilizar a sua capacidade total solar. A utilização da potência do país é mais do que suficiente para suprir a necessidade do consumo doméstico por mais de duas vezes que é de 129 milhões e MW a cada ano. A cada região do país de acordo com sua capacidade, de investimento e posição é dotada através de características que servem com reflexo do seu potencial, o Nordeste é tido como uma região que contém privilégios acima do que é considerada a média nacional.

O Brasil é considerado um dos países mais privilegiados do mundo devido a sua capacidade de produção de energia fotovoltaica, onde vem ocorrendo a tentativa não satisfatória de adoção de medidas que incentivem o aumento na utilização da energia solar fotovoltaica. Porém, o que vem ocorrendo não pode ser classificado como suficiente para que aumente o nível nacional que seja satisfatório ao ponto de ser tornas a Matriz Energética Brasileira (SILVEIRA, 2016).

### **2.3.3 Secagem De Grãos De Café**

Antigamente era empregada na secagem de grãos a chamada técnica de conservação de alimentos, onde é utilizado o vapor para extrair a água ou qualquer outro líquido que contenha no alimento. Essa técnica foi sendo observada e realizado um estudo, onde ocorreu melhorias, já que a aplicação desse procedimento foi eficiente para obtenção de produtos ocorreram com uma qualidade superior e um tempo menor de processamento, ou seja, aumentando a

eficiência (TOMERO, 2012). É de extrema relevância para assegurar a qualidade do café, a secagem dos grãos, devendo ocorrer logo após o período de colheita, com o objetivo de eliminar a alta umidade da casca mucilagem, e evitando que ocorra fermentações indesejáveis.

Em conformidade ao descrito, Weber (2005) mostra que em diversos aspectos devem ser analisados antes de ocorrer o processo de secagem: deverá ocorrer a remoção das impurezas existentes e também a separação dos grãos através do estágio de maturação que são procedimentos que, uma vez empregados, irão contribuir para aprimorar a qualidade final do produto, assim como criar a possibilidade de secar de maneira mais uniforme.

A secagem realizada em terrenos ainda é muito adotada no Brasil, principalmente em zonas rurais, onde é localizada a produção agrícola de baixa renda. Mesmo sem a aplicação de novas tecnologias de secagem de grãos e vários tipos de secadores os equipamentos que estão ofertados pelo país, apresentam um custo muito elevado, sendo um grande problema que impede o produtor rural não tenha a capacidade de adquirir e empregar tal método (ROSSI; ROA 2014, p.32; SOARES et al., 2013, p.78).

De acordo com Schuck (2012), a secagem feita em terreiros é o método mais adotado pelos produtores em pelo menos uma das fases que ocorre no processo de secagem. Porém, a baixa taxa de secagem e a exposição de alguns produtos a agente considerados biológicos, junto com a possibilidade de que ocorram condições climáticas desfavoráveis a secagem, como ocorre no norte do Estado do Espírito Santo. No terreiro, ocorre o desenvolvimento de microrganismos na superfície dos frutos que ocasionam uma elevação na respiração e também na temperatura do produto que são fatores responsáveis por acelerar o processo de fermentação. Thomazini (2015) afirma que apesar dos riscos existentes para pequenos e médios produtores é utilizado de maneira intencional terreiro como único meio ou etapa de secagem do café.

Entretanto, através de um manejo realizado de forma correta, observando-se alguns detalhes como por exemplo a orientação das leiras são empregues a utilização de rodos que são mais eficientes a esse processo, pode-se aprimorar o processo de secagem bem como minimizar as perdas qualitativas que são derivadas da utilização desse método de secagem. Além da necessidade de se

submeter a um extenso período de secagem, o método de terreiro contém algumas desvantagens, como a necessidade de ser utilizadas áreas extensas para a construção dos terreiros; e na maioria das vezes, o produto é exposto a condições climáticas adversas, o que ajuda o desenvolvimento de fungos, e o processo de fermentação, fazendo com que seja comprometido a qualidade do produto (CORREA, 1982; VIEIRA; VILELA, 1995, p.107).

Para que não ocorra um elevado custo de produção, é necessário olhar de forma diferenciada o processo de secagem do café, pois uma vez realizado esse processo de forma incorreta pode fazer com que ocorram perdas qualitativas que são importantes de serem preservadas. De acordo com Giomo (2012), da lavoura até o processamento, todos esses procedimentos devem ser conduzidos tecnicamente de maneira correta, para que conquiste um resultado de qualidade no interior das variedades cultivadas. De acordo com Mohajer (2013) um exemplo seria, apesar de haver um custo elevado, alguns erros durante a secagem são responsáveis por ocasionar prejuízos na qualidade do café, independentemente do tamanho da propriedade, os terreiros responsáveis por secagem são fundamentais para que se obtenham cafés de uma qualidade superior, por isso, é necessária uma maior atenção dada o seu dimensionamento e construção.

Para Bartholo et Pereira (1997) as pesquisas e estudos realizados com o objetivo de abranger os componentes como os açúcares, proteínas, compostos fenólicos, enzimas, lipídeos, e outras umidades, condutividade elétrica dos grãos e lixiviação de potássio e outros.

De acordo com Prete e Ribeiro (2003) existem informações comprovadas que os prejuízos que ocorrem devido à secagem dos grãos de café, são os que comprometem a obtenção de uma bebida que possui uma qualidade superior. É suposto que isso ocorra devido à desorganização e à desestruturação das membranas celulares, fazendo com que ocorra através dos componentes químicos, antes compartimentalizados entre em contato com as enzimas hidrolíticas e oxidativas, afete as características de cor, sabor e o aroma da bebida.

Para Silva (2010) trata-se de uma etapa em que acontece o pré-processamento de grãos em que ocorrer a transferência de maneira simultânea de calor e massa entre o ar de secagem e o grão, com o intuito de retirar parte da

água contida nele. A secagem pode ocorrer de duas maneiras: a secagem natural ou artificial. Mediante o que foi descrito, a Figura 4 corrobora com o que foi afirmado por Silva (2010) e mostra como uma secagem de café natural.

Figura 4: Secagem de café natural



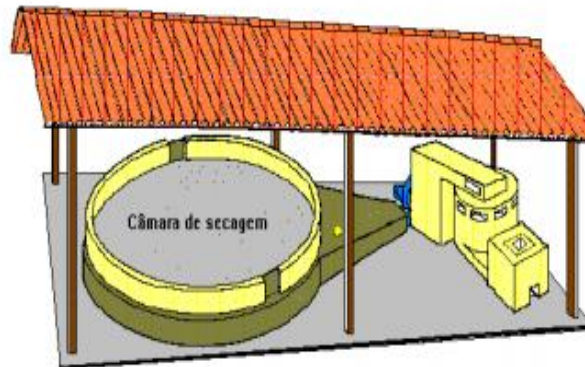
Fonte: NUNES; 2016.

A secagem natural é quando o produto é colocado na planta de secagem e a secagem artificial é aquela submetida a secadores mecânicos, onde o ar aquecido é impulsionado através de ventiladores para acelerar o processo. De acordo com Quirino (2005), estes secadores apresentam-se sob diferentes configurações e contêm acessórios como: sistema de aquecimento do ar, fornalhas a lenha; ou queimadores de gás, sistema de movimentação do ar e ventiladores. Em função da temperatura do ar de secagem, a secagem artificial é subdividida em: secagem a baixa temperatura e secagem a alta temperatura.

O secador mais utilizado para secagem é o de leito fixo. Conforme afirma Portella (2001), é no sistema de secagem de leito fixo que os grãos são colocados em uma coluna de secagem, que é constituída de chapas metálicas, madeira ou alvenaria, e possui um ventilador que é o responsável por promover a passagem do ar quente, que vem da fornalha pela massa de grãos. A secagem é o processo mais econômico para manutenção da qualidade de produtos agrícolas durante a armazenagem em ambiente natural. Os efeitos dos secadores e dos métodos de secagem sobre a qualidade de grãos e a racionalização da energia em processos agrícolas têm sido assunto de importância entre pesquisadores, processadores e fabricantes de equipamentos (SILVA, 2010, p.45).

Na Figura 5 vai ser exibido o modelo de secador com leito fixo para maior compreensão do que foi explanado anteriormente.

Figura 5: Secador com Leito Fixo



Fonte: SILVA et al., s.d

Segundo Mohajer (2013), nos secadores, quando ocorre das camadas de grãos permanece de forma estática, é recomendado que se faça o revolvimento dos grãos a ser realizado a cada três horas, para que eles possam secar de maneira uniforme. Para que seja evitado qualquer tipo de trabalho manual, são comercializados no mercado secadores que possuem um sistema mecânico que é o responsável por fazer revolvimento.

De acordo com Babagana et al. (2012), para conseguir realizar um melhor aproveitamento da energia solar na secagem de grãos é indicado que se faça a secagem através do sistema de baixa temperatura, e deve a temperatura de secagem estar superior ao calor de 10° C que é a temperatura ambiente, devido estar consumindo menos energia.

O uso de secadores artificiais, de maneira geral, intensificou-se a partir da Primeira Grande Guerra Mundial e tornou-se prática rotineira a partir da Segunda Grande Guerra Mundial. A secagem, embora seja uma operação corriqueira, devido às grandes vantagens que apresenta, tanto para a produção de grãos como para a de sementes, é necessário que se faça com muita cautela e cuidado, por ser um procedimento de alto risco, podendo danificar seriamente a qualidade do produto em processamento. Os danos são classificados como fisiológicos, devido a sua secagem ser bastante rápida ou de uma forma muito lenta (SILVA, 2010, p.56).

O autor Portella (2011) afirma que os secadores mecânicos possuem alto requerimento de potência, sendo que a maior parte da energia (entre 95 e 97%) é utilizada como energia sob a forma de calor.

#### **2.3.4 Princípios De Secagem De Grãos**

De acordo com Portella (2011) a operação de secagem de grãos possui muita importância quando a colheita do grão necessita de antecipação e os grãos estão com uma grande umidade. A ocorrência de uma secagem inadequada faz com que ocorra a deterioração qualitativa dos grãos durante a secagem e posteriormente ao seu armazenamento.

Nas palavras de Silveira (2016) quanto à secagem dos grãos, deve ser obtido a secagem de forma parcial entre o que se considera a matriz sólida e a água que contem nos grãos. A matriz sólida, no caso o grão é considerado um alimento que possui proporções e variáveis de constituintes bioquímicos, um exemplo são os carboidratos, proteínas, lipídios, vitaminas e os minerais, o vapor da água que é aquele que ocupa os espaços intercelulares disponíveis e devido a isso, faz que ocorra uma pressão de vapor na sua superfície. O ar da atmosfera do recipiente também exerce uma pressão sobre a matéria prima(grão) que é denominada de pressão parcial de vapor do ar.

Portella e Eichelberger (2011) descrevem esse processo de secagem dos grãos como envolvendo a retirada parcial da água contida nos grãos como: o primeiro passo é a transferência de calor que está no ar para o grão e o segundo, é o fluxo do vapor de água do grão que vai para o ar.

Para Bala (2016) esses dois mecanismos podem ocorrer dentro do equipamento de maneira separada ou até mesmo simultânea. É necessário para que o produto seja submetido à secagem que a pressão ocorra de maneira parcial sobre a água da superfície do grão e que ela seja maior que a pressão parcial de vapor contida no ar.

### 3. METODOLOGIA E MÉTODO DA PESQUISA

Para a montagem do trabalho, foi utilizada a pesquisa exploratória de caráter qualitativo, visando entender a maneira com que os grãos de café podem ser secados por meio de uma secador de café movido a energia solar e como isso pode afetar a produtividade na fazenda e a qualidade dos grãos de café secados. Gil (2002, p.41) relata que as pesquisas exploratórias “tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema”.

São finalidades da pesquisa exploratória proporcionar maiores informações sobre o assunto que se vai investigar, facilitar a delimitação do tema da pesquisa; orientar a fixação dos objetivos e a formulação das hipóteses ou descobrir um novo tipo de enfoque para o assunto (ANDRADE, 2002, p. 119).

Conforme os estudos de Vergara (2000, p. 261):

A pesquisa bibliográfica como sendo um estudo desenvolvido sistematicamente com base em material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas. Ou seja, trata-se de todo material acessível ao público, em geral, o qual fornece instrumental analítico para qualquer outro tipo de pesquisa.

O Estudo de caso é uma inquirição empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, quando a fronteira entre o fenômeno e o contexto não é evidente e onde múltiplas fontes de evidência são utilizadas (YIN, 2001, p.43).

As técnicas utilizadas para coleta de dados foram: pesquisas bibliográficas e documentais. Para atingir o objetivo proposto, esta pesquisa foi dividida em duas etapas: Na primeira etapa - coleta de informações, por meio de dados relacionados à secagem da fazenda X, a respeito de secadores de café, através de consulta em livros, jornais, revistas, periódicos, boletins técnicos, trabalhos acadêmicos e sites na Internet, consolidando-se uma base conceitual para o início do trabalho; na segunda etapa – levantamentos bibliográficos para o referencial teórico, entrevista com os funcionário e resultados esperados.

A pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, abrange toda a bibliografia já tornada pública em relação ao tema estudado, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico etc., até meios de comunicação orais: rádio, gravações em fita magnética e audiovisuais: filmes e televisão, entrevistas. Sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto, inclusive conferências seguidas de debates que tenham sido



transcritos por alguma forma, querem publicadas, quer gravadas (LAKATOS et al., 1991, p. 183).

Para adequação da proposta do estudo, foram entrevistados de produção de café, 1 produtor, 2 especialistas na colheita, 2 especialistas na secagem do café e 3 especialistas em qualidade. A coleta de dados foi realizada entre os meses de maio a junho de 2020, fragmentos das informações primários, foram alcançados através de entrevistas já pré-estabelecidas, que tinham com base um roteiro, dentro deste roteiro foi possível estabelecer: O tempo que cada entrevistado tem trabalhando na fazenda, a idade dos entrevistados, e o conhecimento dos entrevistados relacionado ao sistema de secagem automatizado. As perguntas realizadas durante a entrevista, têm como objetivo mensurar a aplicabilidade do sistema de secagem e mostrar as vantagens deste sistema. Dentro da fazenda X já existe um modelo de secador que utiliza placas solares, esse modelo será o utilizado para mover os fatos relacionados à secagem do café e a sua qualidade, tendo em vista que o grão de café quando não seco de forma ideal pode afetar sua qualidade e como esse secador consegue diminuir o tempo de secagem do café para ser comercializado e como isso pode afetar a qualidade de produção do café.

De acordo com o que foi exibido, muitas informações foram recolhidas da área, por esse motivo, duas técnicas diferentes foram utilizadas para o tratamento dos dados. A primeira técnica foi relacionada com os dados de estatísticas retirados dos produtores de café, essa técnica faz uma análise do que é realizado na fazenda e dos resultados de produção. A segunda técnica foi utilizada para realizar as entrevistas, pois foram utilizadas formas de filtrar o conteúdo, por ela possibilitar a organização dos dados obtidos.

Desta forma, o projeto foi realizado na área da cafeicultura com o intuito de aprimorar o processo de produção do café e montar uma alternativa de agilizar o processo de secagem utilizando uma energia renovável. A maior dificuldade do projeto foi estabelecer a coleta de dados, já que estamos no meio de uma pandemia, as visitas à fazenda para coletas de dados foram canceladas, por esse motivo todos os dados coletados foram feitos por e-mail e celular, a entrevista com os colaboradores foi respondida desta forma.

Na área em que foi introduzida a pesquisa estão ativos hoje uma média de 40 trabalhadores, que prestam serviços para a fazenda diretamente, e uma empresa

que cuida do empacotamento e distribuição do café, essa empresa não tem uma atuação direta no processo, mas faz parte do quadro de funcionários, indiretamente, da fazenda.

Segundo o que foi descrito, no próximo tópico serão mostrados os dados necessários para embasamento da pesquisa, utilizando como base a entrevista com os funcionários e o modelo de secador de grãos já existente na fazenda.

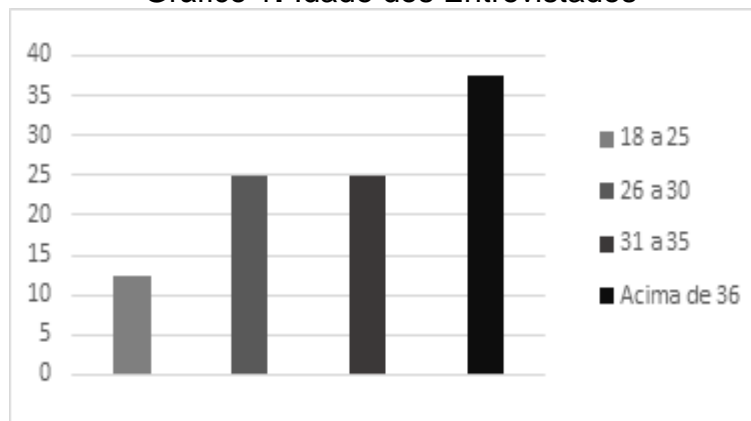
#### **4. RESULTADOS/ANÁLISE DE DADOS**

Em conformidade com tudo o que foi descrito, a cidade de Jaguaré, norte do Espírito Santo, fica localizada acima do trópico de capricórnio e da Linha do Equador, por esse motivo a incidência solar é muito intensa na região, fazendo com que a cidade seja alvo desta pesquisa e motivo pelo qual a fonte de energia solar foi a escolhida para embasamento do estudo.

A fazenda X pretende aprimorar a produção de café otimizando o tempo de secagem ampliando o galpão e implementado placas fotovoltaicas e por se fazer necessário uma câmara de secagem mais eficiente do que o que já tem disponibilizado pela mesma, com uma climatização controlada para que os grãos não sejam fermentados. Atualmente a secagem feita na fazenda X é realizada em um galpão com 4 placas fotovoltaicas e com ventiladores que auxiliam na secagem, a energia solar captada pelas placas é distribuída para um gerador que usa essa energia para alimentar a fazenda, incluído os ventiladores do galpão de secagem. De acordo com Afonso Júnior et al. (2006), os grãos que passaram pela secagem precisam estar armazenados em um ambiente com cobertura para que durante a noite, com as possíveis mudanças climáticas, o produto não perca a qualidade.

Segundo Lemana (2015), uma outra vantagem que o sistema automatizado pode trazer é a sua durabilidade, visto que o conjunto do sistema pode ser utilizado por 25 anos sem que seja necessário manutenção ou reparos, sendo resistente a qualquer alteração e condição climática.

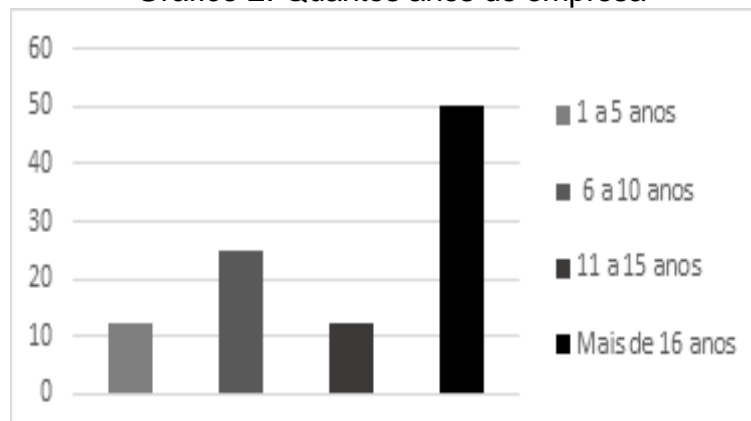
Gráfico 1: Idade dos Entrevistados



Fonte: Feita pelo Autor

No Gráfico 1: De acordo com o que foi demonstrado acima, 12,5% dos funcionários entrevistados tem entre 18 a 25 anos, 25% possuem entre 26 a 30 anos, 25% têm entre 31 a 35 anos e 37,5% dos entrevistados tem 36 ou mais anos.

Gráfico 2: Quantos anos de empresa

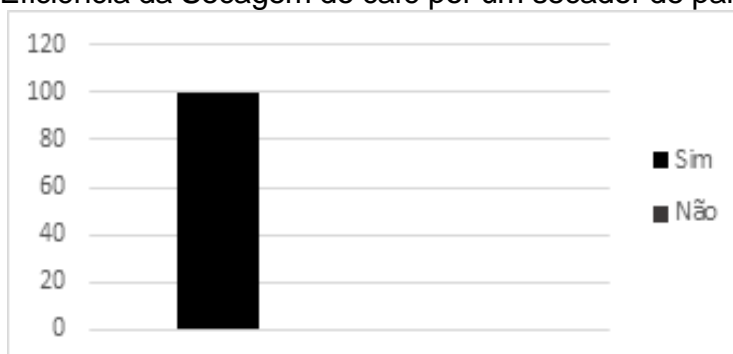


Fonte: Feita pelo Autor

No Gráfico 2: 12,5% dos entrevistados trabalham na fazenda X no período de 1 a 5 anos, 25% trabalham de 6 a 10 anos, 12,5% trabalham de 11 a 15 anos na empresa e 50% dos entrevistados trabalham a 16 anos ou mais.

Conforme foi descrito, o tempo de empresa é um dado relevante na pesquisa, pois revela que o funcionário não necessita ter um tempo elevado na organização para identificar os erros de manutenção que ocorrem na mesma, além, de mostrar também que o tempo de empresa não define na maneira como a manutenção é implementada na empresa, só afirma que independente do tempo de empresa a forma de manutenção já é estabelecida na mesma.

Gráfico 3: Eficiência da Secagem do café por um secador de painéis solares

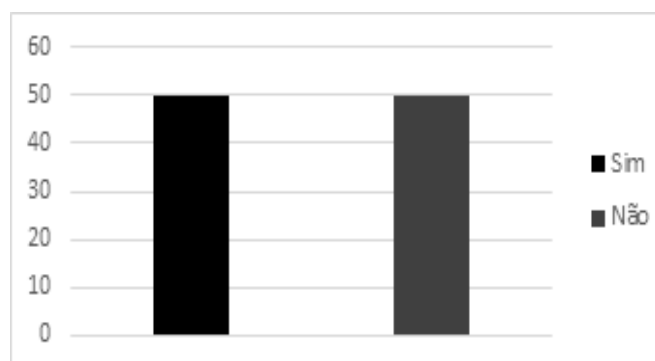


Fonte: Feita pelo Autor

No Gráfico 3 observa-se que 100% dos entrevistados disseram que os secadores de café por placas solares são mais eficientes do que a secagem natural, já que com os secadores montados por painéis solares possuem proteções as condições climáticas e os terreirões, nome dado ao local onde o café é colocado para secar, normalmente não é coberto por precisar da luz solar para completar o seu processo e está sujeito a mudanças climáticas que interferem na secagem dos grãos, como chuvas e ventos.

Em confirmação ao que foi descrito anteriormente, o autor Lemana (2015, p.42), afirma que:

A secagem em terreiros é o método mais utilizado pelos produtores em pelo menos uma fase do processo de secagem. Entretanto, a baixa taxa de secagem e a exposição do produto a agentes biológicos, juntamente com a possibilidade de ocorrência de condições climáticas desfavoráveis.

**GRÁFICO 4:** Impacto nas vendas devido a capacidade de secagem do café

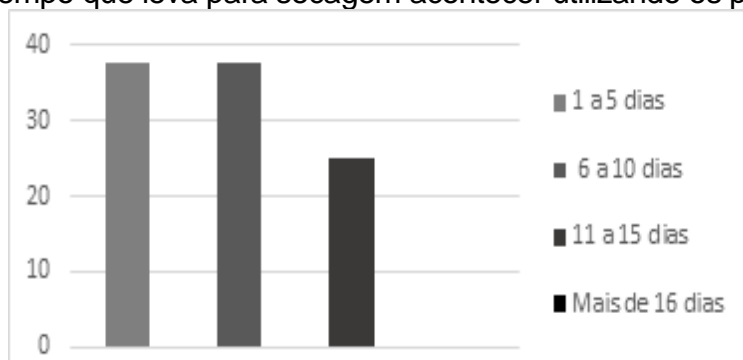
**FONTE:** Feita pelo Autor

E no Gráfico 4 nota-se que 50% dos entrevistados acham que a capacidade de secagem do café tem um impacto na venda do mesmo e 50% acham que a velocidade de secagem não tem impacto na venda. Os entrevistados apontam que uma velocidade de secagem muito elevada pode danificar os grãos de café e prejudicar a venda, a outra parte afirma que se a secagem for elaborada da forma correta, seguindo todos os protocolos necessários, como controle de incidência solar, controle da umidade do grão e controle sobre o processo como um todo, é possível fazer com que o processo de secagem seja mais rápido, abrindo espaço para novos grãos serem secados e agilizando o empacotamento e a venda.

A velocidade de secagem do café é influenciada por vários fatores como temperatura e fluxo de ar de secagem, umidade e temperatura do ar ambiente, teor de água inicial e final do produto (BORÉM et al., 2008; RIBEIRO et al., 2011).

De acordo com Isquierdo (2014), a secagem do café é o que vai definir a sua qualidade, desta forma é necessário tomar cuidado ao optar pela secagem mais acelerada, porém atualmente existem opções mais modernas e econômicas que podem fazer o processo sem danificar o café, como a utilização de painéis fotovoltaicos para acelerar o processo de secagem.

Gráfico 5: Tempo que leva para secagem acontecer utilizando os painéis solares



Fonte: Feita pelo Autor

No Gráfico 5 nota-se que 37,5% dos entrevistados disseram que o café leva de 1 a 5 dias para secar, 37,5% disseram que a secagem leva de 6 a 10 dias e 25% que o processo de secagem demora de 11 a 15 dias. De acordo com os entrevistados, o processo de secagem feito por painéis solares é mais eficaz que a secagem natural, que pode demorar mais de 16 dias dependendo da condição climática, isso porque a câmara onde os grãos são postos pode ser controlada, o que faz com que o café seque mais rápido sem que afete a sua qualidade.

O tempo de secagem no terreiro é entorno de 18 a 25 dias, dependendo das variáveis climáticas. Os grãos de café secos em terreiro tendem a apresentar uma desuniformidade de seu teor de umidade final, fator este que pode prejudicar a qualidade da bebida. (RIBEIRO et al., 2007, p.15). Ainda segundo os mesmos autores, “o tempo de secagem na estufa utilizando painéis solares foram de aproximadamente 10 e 15 dias respectivamente”.

Gráfico 6: Impacto do modelo de secador de café na qualidade dos grãos do café



Fonte: Feita pelo Autor

No Gráfico 6 observa-se que 100% dos entrevistados afirmam que o modelo de secagem realizada por painéis solares exerce um impacto na qualidade dos grãos de café, mesmo otimizando o tempo de secagem, a qualidade não é perdida. “A taxa de secagem tem efeito significativo sobre a qualidade do grão. Altas taxas podem provocar danos físicos, descoloração do produto, manchas, entre outros” (AFONSO JÚNIOR, 2006; RIBEIRO et al., 2011).

A produção de café de boa qualidade representa, atualmente, a melhor alternativa para a cafeicultura brasileira, principalmente quando o enfoque é a viabilidade econômica desta atividade. O processamento do café, fase que inclui preparo, secagem e armazenagem, é determinante tanto na obtenção da qualidade como na composição do custo de produção. Técnicas corretas e manejo racional do sistema de processamento são essenciais para a o sucesso da atividade cafeeira (LEMANA, 2015, p.42).

Em conformidade ao que foi explanado, o método de secagem de café por painéis solares é um método mais eficiente de secagem, apesar de envolver um custo para a sua implementação, é um método que acaba envolvendo uma

economia também, tendo em vista que toda a energia consumida será proveniente da energia solar.

## **5. CONCLUSÃO**

Com o passar dos anos, cada vez mais o ser humano vem se aproveitando dos recursos emanados do nosso planeta, e com os grandes avanços tecnológicos um dos recursos mais utilizados é o uso das fontes de energias renováveis, esse é um dos recursos mais explorados.

Diante disso, o ser humano tem procurado formas de implementar essas fontes de energia em algo que o ajude no seu dia a dia, por isso a energia solar se transformou em uma opção de utilização mais comum, além de ser uma fonte de energia inesgotável é também uma fonte de energia limpa. Para facilitar a captação dos raios solares em energia, foram criados os painéis solares, que possuem a tarefa de transformar os raios solares em energia elétrica. Essa tecnologia tem se transformado em um equipamento com uma utilização além da industrial, ela tem sido aplicada em casa, hospitais e em propriedades rurais, onde o acesso à energia elétrica é difícil, com o intuito de auxiliar na geração de energia ou aprimorar processos, como o que foi realizado no estudo.

Este projeto teve como principal objetivo mostrar como uma energia renovável pode auxiliar e otimizar processos realizados a muitos anos, como o processo de secagem de grãos de café, aprimorando e melhorando a dinâmica da fazenda, alvo do estudo, sem que a qualidade ou a produção fossem afetadas, já que a secagem é a parte mais importante para atestar a venda do café, sem uma secagem adequada os grãos de café são fermentados e estragados, então para a venda do café é necessário esperar a próxima safra, ocasionando perda de tempo e dinheiro.

Mediante o que foi descrito, espera-se que o estudo apresentado seja base para novos estudos relacionados à utilização da energia solar no âmbito agricultura, sendo para o aprimoramento de novas plantações ou de processos relacionados à colheita e entre outros. O projeto aqui apresentado fica como base para novos trabalhos acadêmico, e esperam-se novos estudos sobre o tema apresentado para um embasamento maior sobre a nossa matriz energética,

tendo em vista que, a energia solar é renovável, é uma fonte de energia limpa e é abundante no nosso país.

## REFERENCIAIS BIBLIOGRÁFICOS

- AFONSO JÚNIOR, P. C. et al. Secagem, armazenamento e qualidade fisiológica de sementes do cafeeiro. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 9, p. 67-82, 2006. Número especial.
- ANDRADE, E. T.; BORÉM, F. M. Modelagem matemática e simulação aplicados na secagem do café. In: BORÉM, F. M. (Ed.). **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008. p. 301-347.
- ANEEL. S.d. **Energia Solar**. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia\\_Solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf)>. Acessado em 20 de maio de 2020.
- BABAGANA, G.; SILAS, K.; MUSTAFA, B. G. Design and construction of forced/natural convection solar vegetable dryer with heat storage. **ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 7, n. 10, p. 5-6, 2012.
- BALA, G. **Drying and Storage of Cereal Grains**. John Wiley e Sons, 2016.
- BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. S. **fundamentos de metodologia científica**. 3 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- BÁRTHOLO, F. G.; MAGALHÃES FILHO, A. A. R. de; GUIMARÃES, P. T. G.; CHALFOUN, S. M. **Cuidados na colheita, no preparo e no armazenamento do café**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 14, n. 162, p. 33-44, jul. 1989.
- BORÉM, F. M. Processamento do café. In: \_\_\_\_\_. **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008. p. 127-158
- BORÉM, F. M. et al. Qualidade do café submetido a diferentes temperaturas, fluxos de ar e períodos de pré-secagem. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 55- 63, abr./jun. 2006.
- BORÉM, F. M.; MARQUES, E. R.; ALVES, E. Ultrastructural analysis damage in parchment Arabica coffee endosperm cells. **Biosystems Engineering**, London, v. 99, n. 1, p. 62-66, Mar. 2008.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Resenha energética brasileira do exercício**. 2015. Brasília- DF. 2016.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. MAPA. **Instrução Normativa Nº 29, de 8 de Junho de 2011**, Brasília – DF. 2011.
- CNA. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **PIB e Performance do Agronegócio**. Balanço 2016 | Perspectivas 2017, S.i, v. 1, n. 1, p.1-21, dez. 2016.
- CONAB. Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**. v. 4 Safra 2016/17 - Nono levantamento, Brasília, p. 1-161 junho 2017.
- CRESESB. **Energia Solar: princípios e aplicações**. Rio de Janeiro. CEPEL. 2014.
- CORREA, P. C. Simulação de secagem de café em camada espessa. Viçosa, MG, UFV, Imprensa Universitária, 1982. 47p.
- DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A. **Solar engineering of thermal processes**. John Wiley & Sons, 2013.



EKECHUKWU, O. V.; NORTON, B. **Review of solar-energy drying systems II: an overview of solar drying technology**. Energy Conversion And Management, [s.l.], v. 40, n. 6, p.615-655, abr. 1999. Elsevier BV.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo, Atlas S.A 2002. In: GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 1999

GIOMO, G. S. **Solar energy engineering: processes and systems**. 1ª edição, Academic Press, Elsevier, EUA. Disponível em: <[www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br)>. Acessado em 19 de maio de 2020.

ISQUIERDO, E. P. **Cinética de Secagem Natural e suas Relações com a Qualidade para Diferentes Temperaturas e Umidades Relativas do Ar**. Universidade Federal de Lavras – MG. 2011.

LABRECQUE, D. et al. Portable Device Validation to Study the Relation between Motor Activity and Language: Verify the Embodiment Theory through Grip Force Modulation. **International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)**, v. 5, n. 12, p. 5-10, 2016.

LAKATOS, E. M.; et al. **Metodologia científica: ciência e conhecimento científico, métodos científicos, teoria, hipóteses e variáveis, metodologia jurídica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica – 4ª edição – São Paulo: Atlas 2001**. In: LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica – 5ª edição – São Paulo: Atlas 2003**.

LEMANA, M. **Sistema De Cobertura Automatizada De Área De Secagem De Grãos Usando Energia Fotovoltaica Como Fonte De Energia**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Cornélio Procopio. 2015.

MALTA, M. R.; et al. **Análise sensorial e fisiológica de cafés armazenados submetidos a diferentes formas de processamento e secagem**. 2013. Disponível

em:<[http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb\\_anais/simposio8/151.pdf](http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simposio8/151.pdf)>. Acessado em 28 de maio de 2020.

MOHAJER, A. et al. Experimental investigation of a Hybrid Solar Drier and Water Heater System. **Energy Conversion and Management**, [s.l.], v. 76, p.935-944, dez. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2013.08.047>.

MOHANRA. J, M.; CHANDRASEKAR, P. Performance of a forced convection solar drier integrated with gravel as heat storage material for chili drying. **Journal of Engineering Science and Technology**, v. 4, n. 3, p. 305-314, 2009.

NETO, M. R. **Análise sensorial e fisiológica de cafés armazenados submetidos a diferentes formas de processamento e secagem**. 2008.

**NUNES, J. L. S. Secagem, Beneficiamento E Armazenagem. 2016.**

**Disponível em:** <[https://www.agrolink.com.br/sementes/tecnologia-sementes/secagem--beneficiamento-e-armazenagem\\_361343.html](https://www.agrolink.com.br/sementes/tecnologia-sementes/secagem--beneficiamento-e-armazenagem_361343.html)>. **Acessado em 29 jun. 2020.**

OLIVEIRA, A. M. de; ROCHA, A. S. F.; MARTINS, J. C. de V. Viabilidade Socioambiental De Poços Artesianos Movidos À Energia Solar Em Comunidade Rural Do Rio Grande Do Norte. **Vi Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Porto Alegre/RS, v. 1, n. 1, p.17, nov. 2015.

PINHEIRO, L. V. R. P. Fontes ou recursos de informação: categorias e evolução conceitual. **Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação e Biblioteconomia**.

- Rio de Janeiro, v.1, n.1, 2006. Disponível em: <<http://www.ibict.br/ptcib/include/getdoc.php?id=76&article=251&mode=pdf>>. Acessado em 20 de maio de 2020.
- PORTELLA, J. A.; EICHELBERGER, L. **Secagem de grãos- EMBRAPA Trigo-livro técnico**. (INFOTECA-E), 2001.
- QUIRINO, W. F. et al. Poder calorífico da Madeira e de materiais lignocelulósicos. **Revista da Madeira**, v. 89, n. 100, p. e106, 2005.
- PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (Coffea arabica L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. 1992. 125 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1992
- RAMADAN, M. R. I. et al. Thermal performance of a packed bed double-pass solar air heater. **Energy**, v. 32, n. 8, p. 1524-1535, 2007.
- RIBEIRO, D. M. et al. **Qualidade do café cereja descascado submetido a diferentes temperaturas, fluxos de ar e períodos de pré-secagem**. 2011. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
- RIBEIRO, R. M. et al. Secagem De Grãos De Café Utilizando Energia Solar Em Estufa Com Ventilação Forçada. Anais E Proceedings De Eventos. 2007.**
- ROA, G. **Secagem e armazenamento de produtos agropecuários com uso de energia solar e ar natural. Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia**. Academia de Ciências do Estado de São Paulo. Publicação ACIESP n 22, 12014. 295p.
- ROMERO, D. M. **Qualidade do café cereja descascado submetido a diferentes temperaturas, fluxos de ar e períodos de pré-secagem**. 2012. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.
- ROSA, F. N. **Aplicabilidade de Coletores Solares com Tubo Evacuado no Brasil**. 2012. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.
- SANTOS, B. M; QUEIROZ, M. R; BORGES, T. P. F. **Solar Collector Design Procedure for Crop Drying**. Brazilian Journal of Chemical Engineering, [s.i], v. 22, n. 02, p.277-284, jun. 2012
- SILVA, J. de S.; AFONSO, A. D. L.; LACERDA FILHO, A. F de. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2010.
- SCHUCK, M. L. R. **COLETOR SOLAR PARA PRÉ-AQUECIMENTO DO AR EM SISTEMAS DE SECAGEM ESTUDO DE CASO: CURA DO TABACO**. 2012. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.
- SILVA, J. S. et al. **Secagem e Secadores**. S.d. Disponível em: <<https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/201811/23093833-secagem-e-armazenagem-cap5.pdf>>. Acessado em 29 de junho de 2020.
- SILVEIRA, L. R. da. **Modelagem de um secador solar de produtos agrícolas com sistema de armazenagem de energia térmica**. 2016. 61 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Sistemas Agrícolas, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2016.

- SOUZA, R, Di. Sistema Fotovoltaico Off-Grid (Isolado): Você Acha Que Sabe Tudo?. 2016. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/sistema-fotovoltaico-off-grid-isolado-voce-acha-que-sabe-tudo/>>. Acessado em 28 de junho de 2020.**
- TABORDA, D. de M. Uso de energia solar para o aquecimento do ar em secadores de grãos.** Programa de Pós-graduação em Engenharia da Energia, Em Associação Ampla entre o Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais e a Universidade Federal de São João del Rei - MG. 2017.
- THOMAZINI, L. F. V. Estudo do comportamento da temperatura e da umidade relativa do ar no interior de um secador solar misto de ventilação natural.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2015.
- VALLÊRA, B. 2006. Meio século de energia fotovoltaica.** Disponível em:<<http://www.academia.edu/1776319/meio-século-de-história-fotovoltaica>>. Acessado em 25 de abril de 2020.
- WALISIEWICZ, Marek. Energia alternativa.** São Paulo: Publifolha, 2006. (Mais ciência).
- VERGARA, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** 3.ed. Rio de Janeiro: Atlas, p. 45, 2000. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/MentesEmRede/130890210-v> >. Acessado em 26 mai 2020.
- VERGARA, S. C. Gestão de pessoas.** 2 ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- YIN, R. K. Estudo de caso – planejamento e métodos.** (2Ed.). Porto Alegre: Bookman. 2001.
- WEBER, E. A. Excelência em beneficiamento e armazenagem de grãos.** Salles, 2005.

## **ESTUDO SOBRE A REMOÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO DE EFLUENTES TEXTÉIS POR PROCESSO ADSORTIVO UTILIZANDO A CASCA DE TAMARINDO COMO ADSORVENTE**

Evelyne Dias Almeida<sup>1</sup>; Isaque Souza Beleza Vasconcelos<sup>1</sup>; Sumani Scheidegger da Fonseca<sup>1</sup>; Mariana de Jesus Lima<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Acadêmicos do Engenharia Química

<sup>2</sup> Professora – Multivix São Mateus

### **RESUMO**

Este trabalho tem como intuito mostrar os estudos existentes da casca de tamarindo como adsorvente na remoção do azul de metileno, o adsorvato, através de processo adsortivo. O azul de metileno é um corante comumente utilizado pelas indústrias têxteis nos processos de tingimento e está também presente em grandes quantidades em seus efluentes. Quando despejado em corpos d'água sem tratamento prévio é altamente poluente, modificando diversas propriedades da água, como pH, turbidez, DBO e DQO. Para desenvolvimento deste trabalho foi feita uma pesquisa bibliográfica e descritiva, visando buscar um conhecimento científico baseando-se em materiais já publicados sobre o assunto, onde nos últimos anos mostraram resultados promissores para remover o azul de metileno em meio aquoso usando a casca de tamarindo como bioadsorvente, conseguindo retirar cerca de 86% do corante em processo adsortivo, comprovando assim sua eficiência no tratamento de efluentes têxteis.

Palavras-Chave: Tamarindo; Corantes; efluentes têxteis.

### **ABSTRACT**

This work aims to show the existing studies of tamarind peel as an adsorbent in the removal of methylene blue, the adsorbate, through an adsorptive process. Methylene blue is a dye commonly used by textile industries in dyeing processes and is also present in large amounts in their effluents. When dumped in water bodies without prior treatment, it is highly polluting, modifying several water properties, such as pH, turbidity, BOD and COD. For the development of this work, a bibliographic and descriptive research was carried out, aiming to seek scientific knowledge based on materials already published on the subject, which in recent years have shown promising results to remove methylene blue in aqueous media using tamarind bark as bioadsorbent, managing to remove about 86% of the dye in the adsorptive process, thus proving its efficiency in the treatment of textile effluents.

Keywords: Tamarind; dyes; textile effluents.

## 1 INTRODUÇÃO

A procura por materiais alternativos com objetivo de remover poluentes da água que são nocivos ao meio ambiente e que estão presentes nos resíduos gerados pelas indústrias é um problema ao qual se tem dado bastante importância atualmente, visando uma responsabilidade ambiental das indústrias e sociedade sem apenas visar os lucros.

Dentre os setores indústrias o que é mais preocupante é o têxtil, uma vez que em sua produção são utilizados enormes volumes de água, podendo chegar a três mil metros cúbicos diários segundo Von Sperling (2007), com isso, gerando resíduos líquidos que necessitam de um tratamento prévio antes de serem lançados em corpos d'água. Os corantes industriais estão frequentemente presentes nesses efluentes e causam um enorme impacto no ambiente aquático já que os mesmos alteram os valores de DQO (Demanda Química de Oxigênio), aumentam os sólidos dissolvidos além de variar consideravelmente o pH, causam mudança na cor da água reduzindo drasticamente sua transparência, afetando assim a penetração da luz na água que é essencial para fotossíntese. Mesmo em pequenas concentrações os corantes usados pela indústria acabam se tornando bastante visíveis devido sua grande intensidade de cor, estima-se que cerca de 20% de corantes são liberados nos resíduos de tingimento têxtil. Alguns ainda possuem em sua composição cromo e outros metais pesados que são altamente tóxicos e cancerígenos (CERQUEIRA; RUSSO; MARQUES, 2009).

Proteger as águas superficiais é de extrema importância para sustentabilidade do planeta e é um fato indiscutível, sendo das empresas a grande responsabilidade em relação ao despejo dos efluentes que atendam aos padrões propostos pelas autoridades ambientais (SEIFFERT, 2007). Segundo Cavalcante et al (2013) todos os diversos seguimentos econômicos têxteis devem se adequar ao conceito ambiental da ecoeficiência, que consiste em reduzir gradativamente o impacto ambiental e o consumo de recursos naturais, e ainda fornecer serviços/bens a preços competitivos que satisfaçam a necessidade humana, contribuindo assim para qualidade de vida na sociedade. Hirschler (2008) frisa ainda que as indústrias têm que garantir a manutenção do processo

produtivo, aplicando modernas tecnologias que contribuam também para a diminuição dos contaminantes dos efluentes.

Os processos adsorptivos são uma estratégia que vem sendo explorada com abundância pelas indústrias, pois o mesmo além de ser bastante efetivo, reduz os custos de tratamento dos efluentes. A adsorção é um processo em fase sólida de extração onde um composto químico na fase líquida ou gasosa, que é chamado de adsorvato, é retido na superfície de um substrato sólido chamado de adsorvente. Como no mercado existe uma grande variedade de adsorventes, este projeto visa a exploração da eficácia da casca do tamarindo como fonte renovável no processo adsorptivo, visto que é um material de fácil acesso e que não tem seu devido aproveitamento tecnológico utilizado.

Testes laboratoriais já comprovam a eficiência da casca do tamarindo como bioadsorvente, onde se obteve uma grande absorção não só do azul de metileno, mas também de cromo em meio aquoso (GONSALVES et al., 2014). Barroso et al (2017) também comprova em sua pesquisa a eficiência no uso da biomassa da casca do tamarindo como adsorvente, uma vez que os resultados foram bastante promissores retendo o corante azul de metileno no processo, assim retirando-o da água. Com isso, o objetivo deste trabalho consiste em analisar, apresentar e discutir a eficiência do uso da casca do tamarindo como adsorvente para remoção do azul de metileno de efluentes têxteis, através de processo adsorptivo, utilizado por Gonsalves et al, que conseguiu uma eficiência de 86% na remoção do corante. Marques et al. também obtiveram resultados promissores, conseguindo uma eficiência um pouco menor, de 74%, mas que ainda assim é um excelente resultado.

## **2 ESTUDOS DA ÁREA**

Marques et al (2017) em pesquisa estavam buscando um meio alternativo para remover o azul de metileno em meio aquoso utilizando a biomassa da casca do tamarindo. Os resultados foram bastante promissores como será discorrido a seguir, onde mostra que a casca do tamarindo atingiu em 1,5 horas, o equilíbrio de adsorção bem como massa ideal de 200mg e durante o equilíbrio se conseguiu uma adsorção de aproximadamente 85,34 mg/g de azul de metileno,

equivalente a uma porcentagem de cerca de 74% na remoção do azul de metileno em meio aquoso.

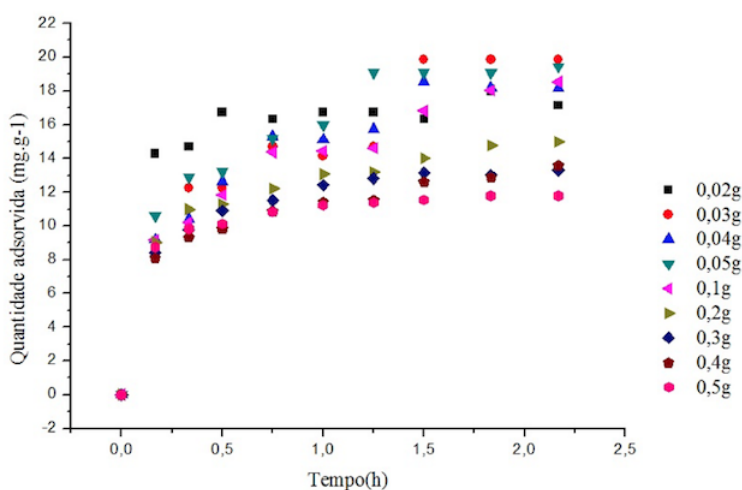
Para o tratamento da casca do tamarindo a mesma foi lavada em água corrente e logo após colocada em estufa por 24 horas a uma temperatura de 90 graus *Celcius*, a casca então foi submetida a homogeneização de partículas através de trituração e passada em peneiras de 300 e 150 *mesh*. Um ponto de carga zero de material (pHpzc) foi determinado usando 50 miligramas do material em contato com 50 mililitros de uma solução de NaCl (0,1 mol) ajustando os valores de pH iniciais entre 2,0 e 12,0 utilizando soluções de NaOH e HCl a 0,1 mol. Após um repouso das soluções de 48 horas as mesmas foram medidas o pH final. Para saber a quantidade de corante azul de metileno adsorvido pela casca do tamarindo foi feita uma espectrofotometria de adsorção (UV-Vis), em um espectrofotômetro de marca *Shimadzu UVmini-1240* utilizando uma faixa espectral de 190 a 1100 nm em uma absorbância a 632 nm. Foi utilizado o método de adsorção em batelada para se obter os tempos mínimos necessários para o sistema chegar ao equilíbrio. Para obter análise de variação de massa, foram colocados de 20; 30; 40 e 50 miligramas da casca do tamarindo em uma solução de azul de metileno a uma concentração de 0,001 mols em diferentes tempos, a mesma concentração foi utilizada para outra amostragem de 100; 200; 300; 400 e 500 miligramas da casca do tamarindo (MARQUES et al, 2017).

O pHpzc é a representação de uma estimativa da condição de neutralidade de carga que está na superfície adsorvente em contato com soluções aquosas. Para os materiais utilizados no experimento, chegou-se a um pHpzc de 4,5, onde há um equilíbrio de cargas nas superfícies tanto do adsorvente quanto da solução em si.

Quando o pH da solução é maior que o pHpzc há uma adsorção de cátions mais favorecida, por isso foi importante estabelecer o pH mais adequado no processo adsortivo. Buscou-se varias a massa dos adsorventes pois com a adsorção utilizando corantes pode-se considerar um equilíbrio em qualquer material adsorvente, com isso foi determinado os tempos necessários para que se atingisse esse equilíbrio, como apresentado na Figura 1, que é a representação do comportamento adsortivo em função do tempo. O equilíbrio se atingiu em 1,5 horas para a casca do tamarindo, sua massa ideal foi de 300

miligramas, com uma quantidade de 19,87 mg/g adsorvida de corante, quando se chega ao equilíbrio as concentrações do corante azul de metileno se tornam quase constantes. É importante se determinar o tempo de equilíbrio pois somente assim se pode verificar com mais detalhes a eficiência de um sistema de adsorção e também é importante para se obter as isotermas de adsorção (ALFREDO, et al., 2015).

Figura 1 - Efeito da massa da casca de Tamarino (*Tamarindus indica* L) "in natura" na adsorção do Azul de Metileno . T=25°C, V=20 mL, [Azul de Metileno]=0,001 mol/L.



Fonte: MARQUES et al, 2017

Com os dados apresentados, concluiu-se que a casca do tamarindo tem ótimas propriedades adsorptivas e mostrou eficiência na remoção do azul de metileno em meio aquoso, podendo assim ser utilizada como material alternativo pelas indústrias têxteis no tratamento de seus efluentes (MARQUES et al, 2017).

Barroso et al (2017) fizeram um estudo que teve como objetivo avaliar o potencial adsorptivo da casca de tamarindo provida de resíduo de uma indústria de polpa do triângulo mineiro, sobre o azul de metileno que é comumente encontrado em nos efluentes têxteis. Avaliaram ainda, a cinética de adsorção, a granulometria mais eficiente, efeitos do pH e a concentração do azul de metileno sobre o a casca de tamarindo.

Os resíduos do tamarindo, provido da indústria de polpas passaram por um beneficiamento, onde se fez a retirada das sementes e das fibras, logo após foi posto para secar em estufa em uma temperatura de 90 graus Celsius com uma



circulação de ar até o material atingir um peso constante. Quando seco, a biomassa foi triturada em liquidificador industrial de marca *Metvisa* e em seguida peneirado, onde, para melhores estudos foram adotadas peneiras de 16, 32 e 48 *mesh* (BARROSO et al, 2017).

Foram preparadas previamente soluções de concentração 30 e 50 miligramas por litro do corante azul de metileno e feita uma curva de calibração em colorímetro CL 3003 *Photometer*, através de leitura da absorvância em um comprimento de onda de 660nm. Para o ajuste do pH foram feitas soluções de NaOH e HCl em concentração de 0,1 mol por litro (BARROSO et al, 2017).

Os ensaios de adsorção cinética foram feitos em coluna de vidro de 7 centímetros de diâmetro. O sistema todo é composto por tanques de armazenamento, válvulas, bomba, coluna de adsorção, painel de controle, manômetro e rotâmetro. Fez-se a adsorção em coluna passando o fluido através de um leito fixo, sendo adotadas vazões constantes de 50 mililitros por minuto. A amostragem foi feita em intervalo fixo de tempo, onde, após a passagem pela coluna, mediu-se a absorvância das alíquotas, com o propósito de obter o ponto de saturação. Neste contexto, foram avaliados os efeitos da granulometria, pH e da concentração sobre a adsorção do corante azul de metileno, cujas parametrizações são mostradas na Tabela 1 (BARROSO et al., 2017).

Tabela 1 – Parâmetros nos ensaios de adsorção

Ensaio	pH	Concentração [mg/L]	Granulometria [mesh]	Altura do leito Estático [cm]
1	3,5	30	16	5
2	3,5	30	48	5
3	10,5	30	16	2
4	3,5	30	16	2
5	10,5	30	16	2

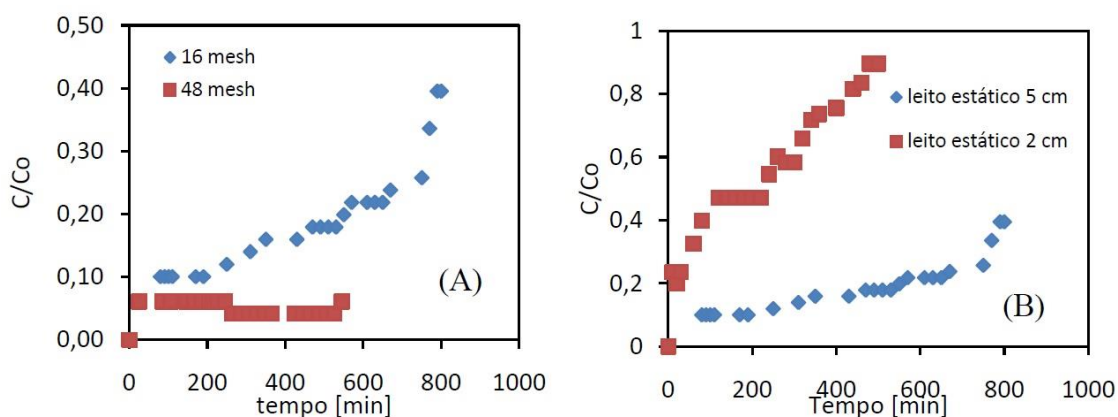
Fonte: BARROSO et al, 2017

Após ocorridos os testes, foi feita uma curva de ruptura como mostra na figura 2 (A) com um leito constituído de partículas que foram retidas nas peneiras de 16 e 48 *mesh*, com concentrações mantidas constantes de corante em 30 miligramas por litro, altura de leito estático em 5 centímetros e pH 3,5. Observou-se que granulometrias inferiores a 48 *mesh* obtiveram uma melhor retenção do

corante azul de metileno, ou seja, uma maior capacidade adsortiva. Este resultado se deve a um aumento na superfície de contato, o que contribui para uma melhor adsorção, pois a saturação ocorre de forma mais lenta (BARROSO et al., 2017).

Uma curva de ruptura foi feita também, como mostra a Figura 2 (B), para saber a interferência da altura dos leitos no processo, onde como esperado o aumento da altura resultou em uma maior eficiência, já que a quantidade de adsorvente é maior e confere maior quantidade de sítios ativos, foram usados leitos com altura de 5 e 2 centímetros, um pH de 3,5 uma granulometria de 16 *mesh* e concentrações de azul de metileno em 30 miligramas por litro (BARROSO et al., 2017).

Figura 2 – Efeito da granulometria da partícula (A) e da altura do leito estático (B) na adsorção do corante azul de metileno.

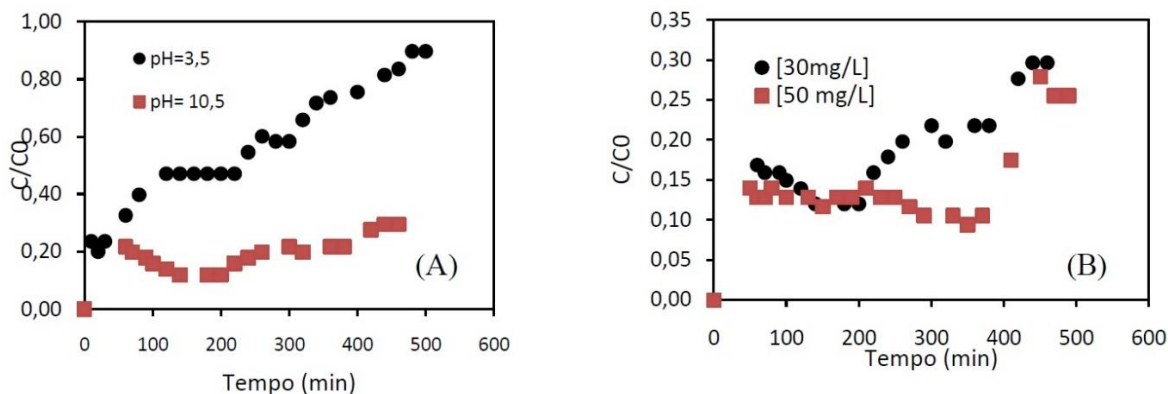


Fonte: BARROSO et al, 2017

As curvas de ruptura da Figura 3 (A) mostram o experimento em dois diferentes níveis de pH, concentrações mantidas de 30 miligramas por litro em um leito de 7 centímetros com uma granulometria da casca do tamarindo em 16 *mesh*. Onde se pode observar que o pH alcalino favorece uma melhor remoção do azul de metileno. Mall et al. 2006 explicam que esse fato ocorre pois a há uma dissociação de grupos funcionais presentes nos sítios ativos do adsorvente através do caráter catiônico que existe na molécula de azul de metileno. Quando o pH está em 3,5 pode ocorrer uma competição entre as moléculas de íons de  $H^+$  na solução, com isso a eficiência do leito é prejudicada, diminuindo assim a adsorção do corante azul de metileno (LEAL et al., 2012).

O efeito da concentração da solução é mostrado na Figura 3 (B) onde se tem um pH de 10,5; granulometria de 16 *mesh* e uma altura de leito de 2 centímetros.

Figura 3 – Efeito do pH (A) e Concentração do corante azul de metileno (B) no processo de adsorção.



Fonte: BARROSO et al., 2017

Conforme mostram os resultados, quando as concentrações estão baixas há uma desigualdade na saturação do leito em maiores proporções; quando se aumenta a concentração inicial do azul de metileno há mais distribuição nas espécies da superfície da casca do tamarindo, isso contribui para uma melhor formação química na superfície (LEAL et al., 2012).

Visto isso, Barroso et al. (2017) concluem que houve uma grande eficácia da casca do tamarindo na adsorção do azul de metileno, uma vez que as condições ideais de operação dentre as testadas, foram: Elevadas concentrações de azul de metileno (50 miligramas por litro), pH básico (10,5) e partículas menores de adsorvente (48 *mesh*), mostrando assim um potencial promissor do uso da casca do tamarindo como adsorvente para as indústrias têxteis no tratamento de seus efluentes.

Gonsalves et al. (2014), em um estudo de caracterização de adsorção do azul de metileno e cromo, usando a técnica de banho finito de líquido e a casca do tamarindo visando um adsorvente alternativo para a remoção do azul de metileno e do cromo de soluções aquosas, obtiveram ótimos resultados e mostraram que a cinética do equilíbrio foi alcançada respectivamente em 120 e 180 minutos para o corante e cromo.

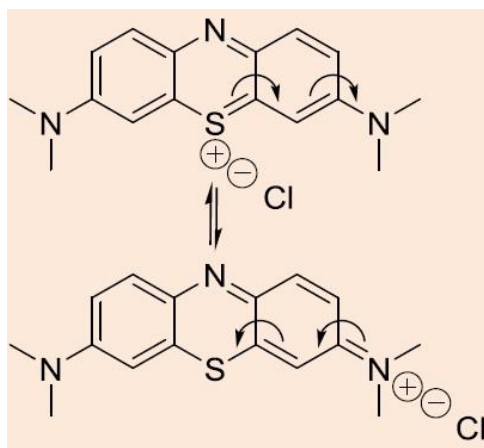
O experimento foi feito em laboratório, onde a casca do tamarindo foi retirada de frutos maduros, pois é nesse estágio que a biomassa é obtida com mais facilidade. Após a retirada, foi colocada em um Becker, onde adicionada uma pequena quantidade de água destilada para limpeza e ajuda na trituração da casca, que foi feita em um liquidificador doméstico. Após a trituração o conteúdo foi filtrado para que se retirasse o máximo possível da água presente, logo após a filtragem a biomassa adquirida foi levada a estufa em uma temperatura de 50° por 48 horas (GONSALVES et al., 2014).

Após as 48 horas, o material obtido foi passado em peneiras granulométricas com malhas variando entre 30, 35 e 40 *mesh*, onde foram usados apenas os grãos que apresentaram maior homogeneidade na peneira de 35 *mesh*, após esse processo a biomassa estava pronta para a execução do experimento, uma vez que a mesma não passou por nenhum tratamento térmico ou químico, foi usada em seu estado natural (GONSALVES et al., 2014).

O azul de metileno em questão, adsorvato a ser separado da água, foi dissolvido em balões volumétricos para que se obtivesse diferentes concentrações, de modo que se faça uma curva de calibração usando um espectrofotômetro, onde o comprimento de onda foi obtido através do pico de absorbância na curva de varredura. Como a curva de calibração foi obtida de forma linear, as concentrações poderão ser calculadas através de uma equação de curva. Foram feitas ainda análises de cor visível através de um colorímetro (GONSALVES et al., 2014).

A estrutura química do corante azul de metileno pode ser observada na Figura 4, foi avaliado o efeito do pH sobre a adsorção molecular usando soluções com concentrações em 10 miligramas por litro que foram preparadas nas seguintes soluções tampão aquoso:  $\text{H}_3\text{CCOOH}/\text{H}_3\text{CCOONa}$  (pH 4,0),  $\text{NaH}_2\text{PO}_4/\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (pH 7,0) e  $\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{Cl}$  (pH 10,0). Foram utilizados os brancos nos ensaios as respectivas soluções (GONSALVES et al., 2014).

Figura 4 – Possíveis estruturas químicas do sal de Azul de Metileno em meio aquoso.



Fonte: GOSALVES et al, 2014

Para o estudo de adsorção de azul de metileno e cromo no sistema de banho finito de líquido foram utilizados agitadores magnéticos da marca *Logen Scientific* LSH2 com uma agitação constante. Foi calculada a quantidade de corante adsorvida ( $qt$ ) em função do tempo no adsorvente da casca de tamarindo como mostra a Equação 1 (GONSALVES et al, 2014).

$$qt = \frac{C_0 - C_t}{m} * V \quad \text{Eq. 1}$$

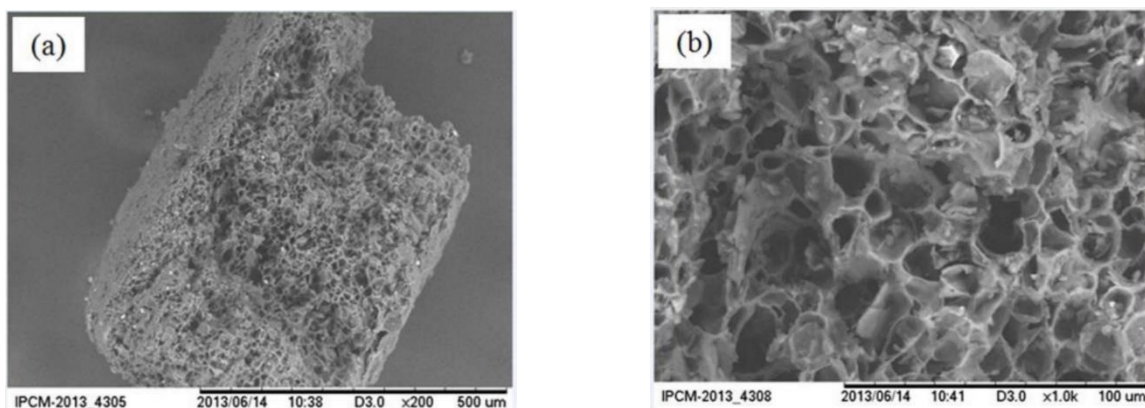
Onde  $qt$  se refere à quantidade adsorvato adsorvida em miligramas por grama,  $C_t$  é a concentração de adsorvato em miligramas por litro,  $C_0$  é a concentração inicial em miligramas por litro,  $m$  é a massa em gramas e  $V$  é o volume total em litros de solução utilizada no ensaio. A cinética da adsorção foi feita variando o tempo de contato em 5, 15, 30, 45, 60, 90, 120 e 180 minutos, os volumes de 25 mililitros de solução azul de metileno com concentração em torno de 15 miligramas por litro em um pH de 7 e agitação constante à uma temperatura de 25 graus Celsius contendo 50 miligramas de casca de tamarindo em distintos erlenmeyers (GOSALVES et al, 2014).

Nos tempos pré-determinados, a agitação foi interrompida e retirada para análise, usando uma micropipeta e tomando cuidado para não aspirar o adsorvente, a casca do tamarindo, todos os ensaios foram realizados em triplicata. Para saber a influência do pH foi feito o estudo na mesma forma que os de cinética de adsorção, modificando apenas a solução tampão utilizada, desta forma, foi feita  $\text{H}_3\text{CCOOH}/\text{H}_3\text{CCOONa}$  (pH 4,0),  $\text{NaH}_2\text{PO}_4/\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (pH 7,0) e

$\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{Cl}$  (pH 9,0), com concentrações próximas a 0,05 mol por litro. Foi feito ainda um estudo de influência iônica no processo, realizado da mesma forma do estudo da cinética, adicionando apenas o KCl nas soluções até se obter concentrações de 0,1; 0,5 e 1 mol por litro (GONSALVES et al., 2014).

A fim de estudar suas características superficiais a casca do tamarindo foi passada por diferentes métodos de tamisação, e observou-se nas análises granulométricas que o adsorvente possui um tamanho médio que varia de 500 a 600 nano milímetros. Em análises microscópicas eletrônicas de varredura (MEV) mostraram que a superfície da casca é de característica bastante porosa (Figura 5), o que torna o fruto propício no uso do processo adsorativo como adsorvente (GONSALVES et al., 2014).

Figura 5 – Imagem microscópica eletrônica de varredura (MEV) da casca do tamarindo com aumento de 200 vezes (a) e 1000 vezes (b).

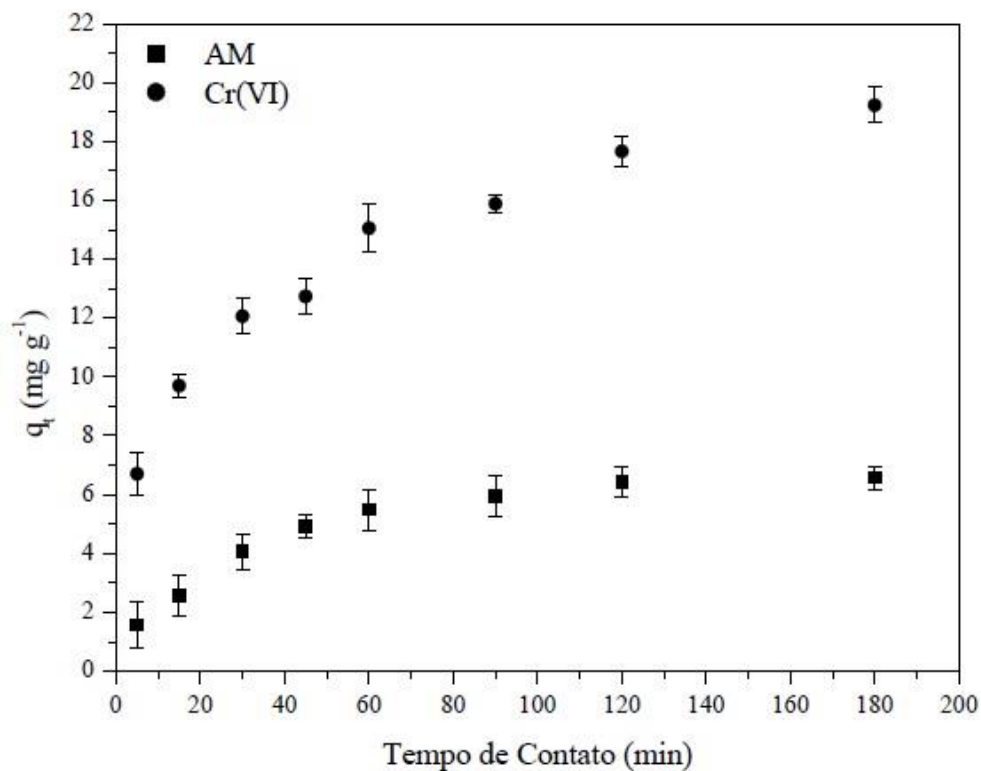


Fonte: GONSALVES et al, 2014.

O estudo de cinética foi feito com intuito de determinar o tempo de equilíbrio onde o processo atinge seu máximo de adsorção. A Figura 6 mostra o resultado dos dados experimentais utilizando a quantidade adsorvida ( $q_t$ ) de azul de metileno e cromo em função do tempo em contato. Pode-se observar que o tempo decorrido durante o processo adsorativo em ambos os adsorvatos é dependente e não linear. A velocidade de adsorção no início é rápida, mas decai ao decorrer do tempo, atingindo o equilíbrio em aproximadamente 120 minutos para o azul de metileno e 180 minutos para o cromo. A quantidade retirada do meio aquoso no processo, através da casca de tamarindo, nesses respectivos

tempos fora de 86% de azul de metileno e 77% de cromo (GONSALVES et al., 2014).

Figura 6 – Adsorção de azul de metileno e cromo na casca de tamarindo em função do tempo de contato.



Fonte: GONSALVES et al, 2014.

Para explicar a reação do azul de metileno com a casca de tamarindo, os seguintes modelos cinéticos linearizados foram utilizados: pseudo-primeira ordem de Lagergren (Equação 2), pseudo-segunda ordem de Ho e Makay (Equação 3), equação de Elovich (Equação 4) e difusão intrapartícula de Weber e Morris (Equação 5).

$$\ln(q_e - qt) = \ln(q_e) - k_1 * t \quad \text{Eq. 2}$$

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2 * q_e^2} + \frac{1}{q_e} * t \quad \text{Eq. 3}$$

$$qt = \beta * [\ln(\alpha * \beta)] + \beta * \ln(t) \quad \text{Eq. 4}$$

$$qt = C + Kd * t^{0,5} \quad \text{Eq. 5}$$

Considerando os modelos cinéticos citados,  $q_t$  ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) e  $q_e$  ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) representam a capacidade de adsorção no tempo  $t$  (min ou h) e no equilíbrio, respectivamente;  $K_1$  ( $\text{min}^{-1}$  ou  $\text{h}^{-1}$ ) a constante de velocidade do modelo cinético de pseudo-primeira ordem;  $K_2$  ( $\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) a constante de velocidade de pseudo-segunda ordem;  $\alpha$  ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) a taxa de adsorção inicial;  $\beta$  ( $\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$ ) um parâmetro relacionado com a extensão da cobertura da superfície do adsorvente e energia de ativação para quimissorção;  $K_d$  ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-0.5}$ ) a constante de difusão intrapartícula; e  $C$  ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) a espessura da camada de solvente em torno do sólido (GONSALVES et al., 2014 p.1475).

Verificando os dados da Tabela 2, pode-se observar que o valor de  $q_e$  calculado chegou bem próximo do experimental de pseudo-primeira ordem, com um desvio de +4,61% e um  $r=-0,97$ . Estes dados sugerem que o modelo de equação de Lagergren contribui para explicar o experimento de adsorção do azul de metileno através da casca de tamarindo, mostrando que a velocidade de remoção de um adsorvato é dependente proporcionalmente do número de sítios de ligações disponíveis no adsorvente (GONSALVES et al., 2014).

Tabela 2 – Parâmetros de adsorção do azul de metileno (AM) e cromo (Cr) na casca do tamarindo utilizando os modelos cinéticos linearizados

<b>Pseudo-primeira ordem: <math>t</math> versus <math>\ln(q_e - q_t)</math></b>							
	C0	$q_e$ cal	$q_e$ exp	<sup>a</sup> D	<sup>b</sup> K1	r	
AM	10	6,29	6,58	+4,61%	$2,97 \times 10^{-2}$	-0,97	
Cr	100	12,81	19,23	+50,12%	$1,68 \times 10^{-2}$	-0,99	
<b>Pseudo-segunda ordem: <math>t</math> versus <math>t/q_t</math></b>							
	C0	$q_e$ cal	$q_e$ exp	<sup>a</sup> D	<sup>b</sup> K1	r	
AM	10	7,70	6,58	-14,54%	$5,17 \times 10^{-3}$	0,99	
Cr	100	19,23	19,18	-0,26%	$3,31 \times 10^{-3}$	0,99	
<b>Elovich: <math>\ln(t)</math> versus <math>q_t</math></b>							
	C0	$\alpha$	$\beta$	r			
AM	10	0,27	1,61	0,98			
Cr	100	0,37	3,38	0,98			
<b>Difusão intrapartícula: <math>t^{0.5}</math> versus <math>q_t</math></b>							
	C0	Kd1	C1	r1	Kd2	C2	r2
AM	10	0,74	$0,11 \pm 0,18$	0,99	0,19	$4,08 \pm 0,05$	0,94
Cr	100	1,43	$3,81 \pm 0,68$	0,98	0,76	$8,67 \pm 0,89$	0,98

<sup>a</sup> Desvio% =  $((q_e \text{ exp} - q_e \text{ cal}) / q_e \text{ cal}) \times 100$

<sup>b</sup> AM ( $k_1 = 1,78 \text{ h}^{-1}$ )

<sup>c</sup> Cr ( $k_2 = 0,20 \text{ h}^{-1}$ )



Unidades:  $C_0$  ( $\text{mg.L}^{-1}$ );  $q_e$  ( $\text{mg.g}^{-1}$ );  $K_1$  ( $\text{min}^{-1}$  ou  $\text{h}^{-1}$ );  $K_2$  ( $\text{g.mg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ );  $\alpha$  ( $\text{mg.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$ );  $\beta$  ( $\text{g.mg}^{-1}$ );  $K_d$  ( $\text{mg.g}^{-1}.\text{min}^{-0,5}$ ) e  $C$  ( $\text{mg.g}^{-1}$ )

Fonte: GONSALVES et al, 2014.

Gonsalves et al. (2014) concluíram que o resíduo natural da casca de tamarindo é uma excelente alternativa para remoção de poluentes em meio aquoso, como demonstrado no estudo azul de metileno e cromo. Uma vez que o modelo cinético de pseudo-primeira e segunda ordem, respectivamente, foram os que melhores se adequaram aos dados do experimento, o modelo de Weber e Morris mostrou que a difusão intrapartícula é um fator bastante determinante para a velocidade de adsorção do azul de metileno na casca de tamarindo, enquanto a equação de Elovich evidenciou que a troca iônica auxilia também no fenômeno de adsorção.

Como foi evidenciado no estudo realizado, a casca de tamarindo apresentou como uma ótima eficácia na remoção não só do azul de metileno, mas outros poluentes em meio aquoso através de processos adsorptivos, mostrando um potencial promissor do seu uso como bioadsorvente pelas indústrias têxteis em seus efluentes.

### **3 CONCLUSÃO**

Diante dos fatos apresentados, conclui-se que a casca do tamarindo é um bioadsorvente bastante promissor para uso das indústrias têxteis no tratamento de efluentes que contenham corante azul de metileno. Os estudos mostraram uma grande eficiência em laboratório, chegando a remover até 86% do corante através de processo adsorptivo, fazendo-se assim a necessidade de um estudo em grande escala para poder melhor aproveitar a casca do tamarindo, que por ser uma matéria prima renovável, proveniente de resíduos agroindustriais, beneficiaria economicamente as indústrias têxteis e principalmente o planeta.

#### 4 REFERÊNCIAS

- ALFREDO, A. P. C.; Gonçalves, G. C.; Lobo, V. S.; Montanher, S. F. Adsorção de Azul de Metileno em Casca de Batata Utilizando Sistemas em Batelada e Coluna de Leito Fixo. **Revista Virtual de Química**. Vol 7, No. 6, pag. 1909-1920, 2015.
- BARROSO et al. **Estudo da adsorção do corante azul de metileno utilizando a casca do tamarindo como bioissorvente**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://www.proceedings.blucher.com.br/download-pdf/287/26148>>. Acesso em: mai, 2020.
- CARMEN, Z.; DANIELA, S. **Textile Organic Dyes – Characteristics, Polluting Effects and Separation/Elimination Procedures from Industrial Effluents – A Critical Overview**. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/download/pdf/29369>>. Acesso em: Jun. 2020.
- CAVALCANTE, A. C. P.; DINIZ, B. L. M. T.; SILVA, A. G.; CAVALCANTE, A. P. Preservação dos recursos ambientais água e solo. **Revista monografias ambientais**, v. 13, n. 13, p. 2851-2856, 2013.
- CERQUEIRA, A; RUSSO, C; MARQUES, M R C. Electroflocculation for textile wastewater treatment. **Brazilian Journal of Chemical Engineering** . [S.I.]: scielo, 2009.
- GONSALVES, A. A.; LEITE FILHO, C. A.; MEDEIROS, F. S.; ARAUJO, C. R. M. Casca do Tamarindo: Caracterização e Estudos de Adsorção de Azul de Metileno e Cromo (VI) usando a Técnica de Banho Finito de Líquido. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 5, p. 1466-1482, 2014.
- HIRSCHLER, R. **Book review. Color Research and Application**. ed 33, 2008. p. 254-256. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/col.20412>> Acesso em: abr, 2020.
- LEAL, Paulo Vitor Brandão et al. Estudo da adsorção do corante azul de metileno em resíduos de babaçu. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 4, 2012.
- MALL, I. D.; SRIVASTAVA, V. C.; AGARWAL, N. K. Removal of Orange-G and Methyl Violet dyes by adsorption onto bagasse fly ash – kinetic study and equilibrium isotherm analyses. [S.I], 2006. **DyesandPigments**.Vol.69, p. 210-223.
- MARQUES, I.S; CANTANHEDE, L. B.; SILVA, L. J. O. X. **Casca e semente do tamarindo (*Tamarindus indica L*) “in natura” como bioadsorventes aplicados para remoção do corante azul de metileno em meio aquoso**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2017/trabalhos/2/12590-22321.html>> Acesso em: Jun, 2020.
- SEIFFERT, M. ISSO 14001 **Sistemas de gestão ambiental**: Implantação objetiva e econômica. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. In: VON SPERLING, M (Org.). **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**, v. 1. 3. ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 2007. 456

## **ESTUDO DA CAPACIDADE ADSORTIVA DA BORRA DE CAFÉNO TRATAMENTO DE ÁGUA**

Juliane Pires Martins<sup>1</sup>, Letícia Nascimento Correia Macedo<sup>2</sup>, Viviane Jamile Moraes da Fonseca<sup>3</sup>,  
Mestre Mariana de Jesus Lima<sup>4</sup>.

<sup>1,2,3</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Química.

<sup>4</sup> Docente - Orientadora –

### **RESUMO**

Em razão da problemática da ausência de água potável e do alto volume de resíduo gerado pelo descarte da borra de café, o presente trabalho utilizou o método da pesquisa exploratória, a fim de responder se a adsorção é eficaz mediante o uso da borra de café como matéria prima para filtração da água potável de baixo custo. Um dos maiores produtores de café do mundo é o Brasil, no mesmo sentido, vem sendo utilizado em vários estudos científicos, razão pela qual a capacidade de adsorção do café foi estudada. Desse modo, foi necessário expor o processo de adsorção e suas características químicas. Ainda, nos moldes já ditos, a eficácia da borra de café nesse processo foi estudada, através de trabalhos já publicados, a partir de testes de adsorção diversificados com vários tipos de adsorventes. Com isso, foi demonstrado que o café deve ser explorado no tratamento de água, seja no meio doméstico ou até mesmo nas indústrias, ou redes de tratamentos municipais, apresentando-se a matéria prima como alternativa viável de baixo custo na obtenção de água potável.

Palavras-chave: Borra de Café. Testes de Adsorção. Tratamento de Água.

### **ABSTRACT**

Due to the problem of lack of potable water and the high volume of waste generated by the disposal of coffee grounds, the present work used the exploratory research method, in order to answer whether adsorption is effective using coffee grounds as raw material for low cost drinking water filtration. One of the largest coffee producers in the world is Brazil, in the same sense, it has been used in several scientific studies, which is why the adsorption capacity of coffee was studied. Thus, it was necessary to expose the adsorption process and its chemical characteristics. Also, in the aforementioned ways, the effectiveness of coffee grounds in this process was studied, through works already published, from diversified adsorption tests with various types of adsorbents. With this, it was demonstrated that coffee should be explored in the treatment of water, either in the domestic environment or even in the industries, or municipal treatment networks, presenting the raw material as a viable low-cost alternative in obtaining drinking water.

Keywords: Coffee grounds. Adsorption Tests. Water treatment.

## INTRODUÇÃO

A utilização elevada de diversos produtos químicos no Brasil tem causado impacto negativo no meio ambiente, sendo capaz de fazer com que as águas encontradas em áreas subterrâneas e superficiais fiquem inutilizadas para consumo humano, além de causar graves consequências nos demais seres que consomem. Sendo assim, em razão da poluição exacerbada, pesquisadores têm desenvolvido métodos de origem química e biológica com objetivo de promover a filtração, coagulação, oxidação e outros meios para conseguir água potável com baixo custo.

Por conseguinte, a problemática da poluição hídrica pode ser amenizada a partir da utilização do sistema de filtração já mencionado, uma vez que em razão da crise econômica em vários países restam poucas alternativas para que a população de baixa renda possa ter acesso à água potável.

Dessa forma, frente à escassez dos recursos hídricos e a crise econômica que assola o desenvolvimento urbano, faz-se necessário medidas de economia, bem como de reaproveitamento sustentável da água. À vista disso, as empresas optaram por um novo método para uso consciente dos recursos hídricos, visando sua reutilização e o tratamento de seus efluentes (COSTA, 2010).

Resíduos de produtos agrícolas vêm sendo utilizados para esse novo método que as empresas optaram para tratamento de efluentes, entre estes resíduos se destaca a borra de café. O café é um dos produtos agrícolas cultivados em grande extensão do mundo. É usado principalmente para a preparação de café como bebida, a partir de grãos moídos, sendo os grãos de café os principais resíduos da indústria e negócios dedicados a esta atividade. Estima-se que 48% da quantidade de matéria-prima dos resíduos da utilização de café na indústria de café se tornam borra de café. Convém ressaltar que apenas no ano de 2005, gerou-se seis milhões de toneladas da aludida borra de café no mundo (TOKIMOTO et al., 2005).

Em razão de o Brasil possuir no ramo da agricultura milhares de produtores de café, conseqüentemente, há um grande consumo doméstico por parte dos brasileiros. Mas, com esta apreciação surge a problemática do descarte da borra de café, aproximadamente 14 mil xícaras de café são ingeridas pelo mundo inteiro a cada segundo, resultando em aproximadamente vinte e

dois milhões de quilos de descarte da borra de café todos os anos em lixo domiciliar, lixões ou aterros das cidades. Nesse sentido, o rejeito é poluente, pois gera acúmulo na natureza (ADEG, 2018).

Entretanto, algumas empresas têm utilizado esses rejeitos domésticos como fonte alternativa de energia sustentando as caldeiras da indústria de produção de café solúvel. Apesar disso, a queima desse produto ainda danifica a qualidade do ar por liberar CO<sub>2</sub>, fazendo-se necessário um estudo e ampliação de novas tecnologias convenientes para valorizar a destinação ambiental correta do descarte irregular da borra de café.

Nos termos de Magalhães (2013, p. 13): “[...] Borra de café, que é a sobra após o preparo da bebida, ainda não tem um destino certo e com isso cria um problema de descarte, agravado pela grande quantidade gerada.” Sendo assim, a utilização da borra de café para a filtragem da água é uma solução viável para sanar o descarte do resíduo no meio ambiente.

Dentre os estudos científicos feitos em diversos países, observou-se que a espuma de infusão de café feita a partir da borra de café transformada em pó e misturada com silício e açúcar conseguiu coletar 99% do mercúrio e do chumbo da água, somente em 30 horas. O resultado foi adquirido com água parada, que se difere do sistema convencional, em que a água corre por meio de tubulações, todavia, conseguiu-se remover 67% do chumbo, grande causador de perigos para a saúde (OUELLETTE, 2016).

O tema escolhido tem como característica a pesquisa bibliográfica narrativa, originando um estudo para a problemática da geração de rejeitos da borra de café. Deste modo, trata-se de um método de abordagem qualitativo, sendo justificado por meio do seu processo de busca na literatura técnico-científica que foram publicadas tornando-se uma pesquisa exploratória e descritiva ao desenvolver técnicas de reutilização e abordando ideias para solução do problema gerado.

Deste modo, devido ao baixo custo e alto benefício do uso da borra de café, põe-se como objetivo estudar a eficácia da filtração da água poluída, utilizando-se o sistema de adsorção, concluindo-se que a matéria prima estudada é eficaz e indicada ao processo químico mencionado.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 ADSORÇÃO DA BORRA DE CAFÉ

O processo de adsorção consiste na transferência de massa do tipo de sólido fluido, onde se é explorada a propriedade de certos sólidos concentrados nas suas superfícies determinados elementos inseridos em soluções gasosas ou líquidas. Quanto maior for a superfície externa por unidade de peso sólido, mais favorável será a adsorção. Por este motivo, os adsorventes são, normalmente, partículas sólidas porosas (LOPES, 2016).

Segundo Seader (1998), a adsorção ocorrerá quando as moléculas ou íons no gás ou líquido irão se difundir em uma área sólida, onde ocorrerá uma ligação química entre a mesma que precisará ser mantida através de baixas forças intermoleculares. Esses solutos adsorvidos são denominados adsorvatos. Tal processo ocorrerá nas interfaces tanto líquida como sólida. Essa adsorção conseguirá ocorrer tanto de forma física, com interligações eletrostáticas e forças de Van der Waals entre o adsorvente e o adsorvato, bem como peça a ativação química com o sítio ativo de adsorção.

Convém destacar ainda que grãos defeituosos de café já foram objeto de estudo para a produção de biodiesel, sendo certo que os resíduos a partir da produção do aludido biodiesel se apresenta como um excelente potencial na utilização da matéria-prima para manipulação de adsorventes (FRANCA et al., 2009).

O portal Natural Tec (2018, p.1) destaca que:

Para a remoção de poluentes orgânicos, metais pesados, óleos e graxas, cor, sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão, materiais orgânicos não biodegradáveis como celulose, sólidos dissolvidos por precipitação química e compostos obtidos através de oxidação química, se recomendam os processos físico-químicos. Para remoção de sólidos voláteis dissolvidos e em suspensão, usam-se tratamentos biológicos. Para retirada de sólidos dissolvidos recomendam-se processos de troca catiônica e leitos de carvão ativado e outros.

O estudo de Clark (2010) demonstrou que o resíduo sólido a partir do café solúvel pode ser útil na manipulação de adsorventes para remover em soluções aquosas a fenilalanina. Em sistema de batelada, efetuaram-se estudos de adsorção realizados a temperaturas diferentes. Os estudos de adsorção foram

constatados pelos moldes de isoterma de Tempkin, Langmuir, Dubinin-Redushkevich, Freundlich e Henderson e avaliados pelos efeitos do tempo de contato, concentração do carvão ativado e granulometria, concentração e pH iniciais da solução.

De acordo com as informações obtidas a partir do experimento, as conclusões de Langmuir foram consideradas como melhor resultado. No processo de adsorção da fenilalanina ocorreu a redução da granulometria do carvão. O melhor resultado da adsorção para a faixa de concentração inicial de fenilalanina foi alcançado com apenas seis horas de contato. E o efeito no pH inicial obtido de 2 até 10, demonstrou que pH's muito ácidos atrapalham a adsorção por repulsão eletrostática. Em tese, os grãos de café defeituosos prensados estabelecem são viáveis na produção de adsorventes de baixo custo para remoção de fenilalanina, contribuindo para o desenvolvimento sustentável no ramo produtivo do café (CLARK, 2010).

Plaza et al. (2012) constataram que a borra de café pode ser utilizada para produção de carvão ativado, pois detém melhor eficiência na adsorção de CO<sub>2</sub> quando comparado ao produto usualmente comercializado. As condições de ativação foram selecionadas e otimizadas para produzir carbonos microporosos com alta capacidade de adsorção e seletividade de CO<sub>2</sub>, com potencial para serem utilizados como adsorventes em aplicações de captura de CO<sub>2</sub> pós- combustão.

Dois métodos de ativação são comparados: ativação física com CO<sub>2</sub> e ativação química com KOH. O primeiro método é visto menos agressivo ao meio ambiente; no entanto, leva a carbonos com menor desenvolvimento textural e, portanto, inferior capacidade de adsorção de CO<sub>2</sub> do que os obtidos pela ativação com KOH. Por outro lado, constatou-se estudos cíclicos de adsorção multicomponente apontando que a seletividade de CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> dos carbonos ativados fisicamente é maior que a dos carbonos quimicamente ativados (PLAZA et al., 2012).

Os produtos com alta proporção de carbono dispõem a capacidade de serem ativados, tendo em vista que possuem matérias carbonáceas com alto grau de ventilação e um perímetro de pouca profundidade e de variável aproximadamente de 10 a 15 m<sup>2</sup>/g. Assim, conforme Claudino (2003), quando há

a ativação, o produto tem sua área superficial aumentada com a oxidação de seus átomos de carbono, podendo o carvão em sua terminação ter sua área superficial superior ao tamanho de 800 m<sup>2</sup>/g após ser sujeito à ativação.

De Castro (2009) analisou o preparo de carvões ativados da borra de café com o intuito de avaliá-lo como suporte catalítico e adsorvente, utilizando-se como agente ativante químico K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> e agentes ativantes físicos tais como vapor d'água e CO<sub>2</sub>. A fim de testar a adsorção dos biocarvões produzidos, como também o carvão comercial, testes foram realizados com azul de metileno e fenol, demonstrando capacidade de adsorção. Os testes de adsorção feitos em batelada apresentaram resultados que foram satisfatórios, relevando um índice elevado de adsorção dos contaminantes propostos para o estudo.

O resultado da adsorção dos valores de pH inicial das soluções dos adsorvatos ajustados pelos modelos de Langmuir e Freundlich identificou que a adsorção desses nos carvões ativados necessita de seus grupos superficiais, e também da porosidade e da área superficial dos carvões. O carvão comercial e aquele com agente ativante K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> possuem maior área superficial, além disso, foram utilizados como suporte para a produção dos compósitos e impregnação de ferro, com objetivo de testá-los na oxidação de azul de metileno e decomposição de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> utilizando-o como agente oxidante. Os experimentos catalíticos constataram a elevada capacidade de oxidação de azul de metileno e de decomposição de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (DE CASTRO, 2009).

De Castro (2009) constatou que os compósitos a partir do carvão da borra com K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> mostraram-se mais ativos, seja na oxidação do corante, quanto na decomposição de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, resultando maior remoção do corante, além de resultar um aumento nos produtos intermediários de oxidação. Foi concluído ainda pelo autor que a produção do biocarvão em processos que sejam de descontaminação ambiental pode ser considerado por meio de dois vieses: para a produção de carvão ativado e carvão ativado por óxido de ferro, bem como para adsorção de poluentes, representando uma maior remoção para poluentes orgânicos através da oxidação e adsorção.

Batista et al. (2012) utilizou um filtro de camada simples em que a área filtrante foi confeccionada a partir da matéria prima torta de café, decorrente da borra de café após a extração do óleo obtida por sistema do tipo soxhlet. O



experimento foi realizado em pH 5 e 7, pesando-se quantidades crescentes de adsorvente em Erlenmeyer, acrescentando-se um volume fixo de 50 mL de solução aquosa fortificada com o pesticida glifosato a 40 ppm. Foi efetuado o experimento de remoção via agitação em incubadora durante uma hora e trinta minutos, submetendo, por conseguinte, à filtração em Millipore, de modo que para a análise das amostras e padrões do pesticida organofosforado foi utilizado um cromatógrafo líquido de alta eficiência com detector de UV/vis. Com isso, pode-se constatar que quando a massa dos adsorventes da remoção de glifosato se eleva, ocorre um aumento na adsorção de glifosato pela torta de café no pH 5,0 e 7,0. Destaca-se que em pH 7,0 manteve-se a capacidade de adsorção do glifosato pelo adsorvente torta de café, nos casos em que comparado ao pH 5,0. Por fim, o filtro de camada simples foi aplicado na purificação de água contaminada por glifosato e obteve resultados que demonstraram a eficácia da utilização deste material como adsorvente em filtros purificadores no tratamento de águas contaminadas por pesticidas (BATISTA et al. 2012).

Boniolo (2016) avaliou por meio da biossorção a redução da concentração de urânio em soluções e em amostras de águas em que foram escolhidas as biomassas borra de café, sementes de moringa e cascas da banana. O preparo das mesmas foi composto pelas etapas de secagem, seguida de moagem e peneiramento. Então, realizaram-se ensaios de microscopia eletrônica de varredura, análise termogravimétrica e porosimetria de adsorção de nitrogênio.

Assim, iniciaram-se os ensaios em batelada como a quantificação dos íons de urânio total por técnica de espectrometria de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente, além de pH, tamanho e massa do biossorvente, concentração inicial da solução de urânio, temperatura do ensaio e tempo de contato. Dentre os biossorventes estudados com maiores valores de remoção destacaram-se as sementes de moringa com aproximadamente 0,8, depois a borra de café cerca de 0,7 e por fim as cascas de banana perto de 0,5 (BONIOLO, 2016).

Roldi (2018) analisou a casca de café e a borra de café, in natura e carbonizadas, a fim de obter por adsorção a retirada do 2,4-D. Foram avaliados os aspectos básicos desses materiais por termogravimetria, análise de área

superficial específica, ponto de carga zero e microscopia eletrônica de varredura. Foram realizados experimentos para se determinar o tempo de equilíbrio e a massa de adsorvente a ser utilizada, todavia só foi verificada a adsorção de 2,4-D utilizando a borra e a casca de café carbonizada. Com isso, os estudos de adsorção que variou o pH da solução e a concentração inicial de 2,4-D foram direcionados apenas para os mesmos.

Assim, Roldi (2018) aplicou as isotermas de Langmuir e Freundlich para a determinação de parâmetros do processo de adsorção. Em igual sentido, a borra de café alcançou maior adsorção quando comparada à casca de café, mas os dois tiveram resultados inferiores ao carvão ativado. De acordo com os pH's estabelecidos, constata-se que a remoção de 2,4-D foi maior em todos os adsorventes estudados em pH's ácidos.

Segundo Jung et al. (2016), o carvão ativado produzido à base de biomassa alcançou resultados relevantes, retendo o pó de carvão ativado derivado dos grãos de café usados nas esferas de alginato de cálcio para a remoção de laranja ácida e azul de metileno de meios aquosos. A cinética de adsorção foi bem delimitada pelo modelo de difusão dos poros, que revelou que a difusão dos poros era a etapa de limitação da taxa durante o processo de adsorção.

O equilíbrio isotérmico e o calor isotérmico da adsorção aduzem que o carvão ativado a partir dos grãos de café possui uma superfície energeticamente heterogênea e opera via processo endotérmico na natureza. As capacidades máximas de adsorção desse carvão para a adsorção da laranja ácida (pH 3,0) e azul de metileno (pH 11,0) foram 665,9 miligrama para grama e 986,8 miligrama para grama a 30 °C, respectivamente. Por fim, os testes de regeneração confirmaram ainda que o carvão ativado produzido dos grãos de café tem um potencial promissor em sua capacidade de reutilização, mostrando uma eficiência de remoção superior a 80%, mesmo após sete ciclos consecutivos (JUNG et al., 2016).

## 2.2 TRATAMENTO DE ÁGUA

O tratamento de águas e efluentes tem como principal objetivo controlar a poluição das águas e desta forma, minimizar a geração de contaminantes que sejam tóxicos. Nos últimos anos, a ênfase é de utilizar procedimentos diferentes para aumentar o potencial de carvão ativado para contaminantes específicos, alcançando os carbonos modificados na superfície do carvão ativado (BHATNAGAR et al., 2013).

Assim, o carvão ativado produzido a partir da já mencionada matéria-prima borra de café pode ser utilizado no tratamento da água utilizada nas indústrias de alimentícia, bebidas, farmacêuticas e na osmose inversa.

Entretanto, a eficácia do carvão perpassa por uma avaliação que pode ser chamada de isoterma de adsorção. Esse procedimento aponta a correlação entre a quantidade adsorvida por fração de peso contida no adsorvente e da qualidade. O principal indicador da isoterma é o número e concentração de compostos na solução inicial (MULLER et al., 2009).

Tendo em vista a afirmativa de que resíduos do café que não são destinados corretamente, podem gerar degradação ambiental a partir da mudança do pH do solo, bem como poluição a partir do carreamento de cafeína nas águas dos lençóis freáticos e dos rios. Natural Tec (2018, p. 1) destaca-se que:

Águas de fontes naturais podem apresentar casos em que ácidos húmicos estão presentes em concentrações tão altas que afetam o gosto. Águas de rios, mesmo após filtração, podem conter inúmeros compostos orgânicos dos quais, normalmente apenas uma pequena fração pode ser identificada. Outra vez, podem estar contaminadas por resíduos de pesticidas, herbicidas ou inseticidas, usados na agricultura. Estes poluentes, além de afetarem o odor e sabor, podem apresentar efeitos tóxicos sobre os seres humanos.

Assim, de acordo com o aludido portal, é comum a utilização do Carbono Ativado pulverizado, em diferentes dosagens, nos processos de tratamento de águas municipais em que se adsorve compostos indesejáveis e é extraído, em seguida, nos decantadores. Portanto, a população permanece isolada da ação destes agentes nocivos. Natural Tec (2018, p. 1) diz que:

Nesse sentido, o Carvão Ativado a partir da borra de café pode ser aplicado em efluentes líquidos industriais, dos quais extrai-se contaminantes. Pode ser usado em fase final de processo biológico em colunas de leito fixo, na fase de polimento, removendo cor ou componentes específicos como por exemplo mercúrio. Também em sistemas tipo lodos ativados, fazendo a remoção de cor e/ou enriquecendo o lodo no número de bactérias por centímetro cúbico. Como suporte para microorganismos em sistemas de filtros biológicos ou processos anaeróbicos.

Choong (2017), avaliou a adsorção de íons de prata nas águas derivadas de procedimentos industriais utilizando resíduos de café como matéria-prima adsorvente. Verificou-se que os grupos funcionais como grupos -COO- e -OH- em grãos de café desempenham um papel importante na adsorção de íons prata por espectro do infravermelho, microscopia eletrônica de varredura e espectroscopia de raio x.

Dois modelos de isotérmica de adsorção, Langmuir e Freundlich, foram utilizados para analisar os dados de equilíbrio. A isoterma de Langmuir, que proporcionou a melhor correlação para adsorção de prata em grãos de café. A adsorção foi uma reação exotérmica e o maior equilíbrio foi alcançado em menos de 60 minutos. A partir desses resultados, os resíduos de café em pó demonstraram grande possibilidade de serem utilizados como adsorvente eficaz de baixo custo para adsorção de prata (CHOONG, 2017).

De Costa (2015) estudou a capacidade de tratamentos de águas oleosas a partir da flotação por ar dissolvido em conjunto a um biossurfactante, comparando-os sem um coletor para teste branco e também, a adsorção, utilizando bioadsorventes alternativos para remoção do óleo. Os bioadsorventes foram examinados por termogravimetria, área superficial, análise química, e espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier.

Assim, De Costa (2015) concluiu que o biossurfactante aumenta a capacidade do processo em relação ao coletor. Do mesmo modo, o biossurfactante atingiu uma maior remoção em relação ao oleato de sódio. Ademais, possui uma eficiência no aumento de separação da flotação por ar dissolvido, os biossurfactantes motivam um amplo estudo nas práticas sustentáveis.

Pereira (2014) utilizou o método de bioadsorção para remoção dos herbicidas atrazina, quinclorac e glifosato da água. Assim, a pesquisa tinha o

objetivo de identificar a capacidade de um adsorvente utilizado no ramo agrícola e de baixo custo, como a casca da laranja, pinha e casca de arroz, e remover esses produtos químicos.

Com isso, os métodos utilizados foram a termodinâmica, cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa, e a determinação da variação da energia livre de Gibbs a fim de avaliar a capacidade de adsorção. A pesquisa forneceu dados para a formulação de um modelo matemático com o intuito de melhorar a qualidade das águas (PEREIRA, 2014).

Ainda, Tokimoto et al. (2005) verificaram que a borra de café pode ser utilizada para remover chumbo, na forma iônica medindo seu teor de gordura e proteína, além de isoterms e taxas de adsorção para íons de chumbo, em tratamentos de água para consumo humano. O número de íons de chumbo adsorvidos pelos grãos de café não dependia do tipo de café em grão ou da temperatura em que os experimentos de adsorção foram realizados. A taxa de adsorção de íons de chumbo pelos grãos de café foi diretamente proporcional à quantidade de grãos de café adicionados à solução.

Tokimoto et al. (2005) observaram quando os grãos de café eram desengordurados ou fervidos, o número de íons de chumbo diminuía. Quando as proteínas contidas nos grãos de café foram desnaturadas, a adsorção de íons de chumbo foi consideravelmente reduzida. A capacidade de adsorção de íons de chumbo dos grãos de café diminuiu com o aumento da concentração de ácido perclórico usado para tratá-los e desapareceu com 10% de ácido perclórico.

Esse processo de adsorção ocorre através das proteínas presentes nos grânulos da borra de café, em que as proteínas contidas nos grãos de café dependem da adsorção do íon de chumbo. Assim provando que esse resíduo pode ser utilizado para fins mais nobres do que simplesmente a incineração. O presente estudo deu uma resposta afirmativa à possibilidade de usar borra de café, um desperdício alimentar abundante, para retirar da água potável íons de chumbo (TOKIMOTO et al., 2005).

Com isso, a partir de inúmeros estudos, pode-se concluir que a borra de café possui características favoráveis ao método de adsorção para o tratamento de água, apresentando-se como matéria prima de baixo custo, sendo certo que

sua utilização para tal finalidade propicia a diminuição dos resíduos de café no meio ambiente.

Pode-se concluir que a utilização da borra de café pode ser explorada no tratamento de água, seja no meio doméstico ou até mesmo nas indústrias, ou redes de tratamentos municipais.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração os estudos sobre o presente trabalho, atestou-se que o tratamento de águas poluídas utilizando a borra de café em um processo de adsorção pode ser realizada com resultados positivos. Este conjunto (técnica + matéria prima) possui um potencial de características desejáveis, conferindo baixos custos, grandes eficiências e modos sustentáveis para tal finalidade.

Por conseguinte, segundo dados, certificou-se que as borras de café apresentaram eficiência de remoção igual a 93,58%, apontando um índice elevado de adsorção dos contaminantes propostos e principalmente a redução de grandes causadores de ameaça à saúde da população.

Por esta razão, fica demonstrado que a borra de café pode ser empregada nos processos de tratamento de água. Essa alternativa mostra-se ser útil no âmbito municipal, no meio doméstico e no ramo industrial, abastecendo toda a demanda de seu local bem como sucederia um gasto a menos com materiais, reagentes e processos para o tratamento de toda água potável. Consequentemente, haverá uma diminuição de contaminantes na água e acúmulo dos resíduos de café no meio ambiente.

### 4. REFERÊNCIAS

- ASSESSORIA DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO E GESTÃO ESTRATÉGICA - ADEG. **Gestão Socioambiental**. ed. 35, p. 6, 2018 . Disponível em: <  
[https://www.trf3.jus.br/documentos/adeq/Socioambiental/Boletim\\_Socioambiental/boletim\\_ambiental-35.pdf](https://www.trf3.jus.br/documentos/adeq/Socioambiental/Boletim_Socioambiental/boletim_ambiental-35.pdf)> Acesso em: 06 jun. 2020.
- BATISTA, L. R., PEREIRA, J., SILVA, M. A. A.. **Produção de Filtros de Purificação de Água a Partir de Co-Produtos da Produção de Biodiesel Etílico de Óleo de Borra de Café**. 2012. Disponível em: <  
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ih7dAcEDMfcJ:www.s>

bpcnet.org.br/livro/64ra/resumos/resumos/3883.htm+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br> Acesso em: 15 abril 2020.

BHATNAGAR, A.; HOGLAND, W.; MARQUES, M.; SILLANPÄÄ, M. **An overview of the modification methods of activated carbon for its water treatment applications**. Chemical Engineering Journal, v. 219, p. 499-511, 2013. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894712016786>> Acesso em: 22 maio 2020.

BONIOLO, M. R. **Remoção de urânio em águas de drenagem ácida minas por técnicas de biossorção**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro- São Paulo, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/137947>> Acesso em: 21 maio 2020.

CHOONG, J. **Adsorption of silver ions from industrial wastewater using waste coffee grounds**. Korean Journal of Chemical Engineering. v. 34, p. 384-391, 2017. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11814-016-0253-9>>. Acesso em: 22 maio 2020.

CLARK, H. L. M. **Remoção de fenilalanina por adsorvente produzido a partir da torta prensada de grãos defeituosos de café**. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte- Minas Gerais, 2010. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/URMR-87QMYW/1/dissertacaofinal.pdf>> Acesso em: 28 maio 2020.

CLAUDINO, A. **Preparação de carvão ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003, 6 p. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/86346/192226.pdf?sequence>>. Acesso em: 15 abril 2020.

COSTA, Regina Helena Pacca. **Reuso da água: conceitos, teoria e práticas**. São Paulo: Blucher, 2010.

DE CASTRO, C. S. **Preparação do carvão ativado a partir da borra de café: uso como adsorvente e como suporte catalítico para a remoção de poluentes orgânicos em meio aquoso**. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009. 92 p. Disponível em: <[repositorio.ufla.br/handle/1/2654](https://repositorio.ufla.br/handle/1/2654)>. Acesso em: 14 jun. 2020.

DE COSTA, P. D. **Tratamento de águas oleosas por meio da flotação por ar dissolvido (FAD) com o uso de biossurfactantes e adsorção utilizando bioadsorventes**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2015. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/tratamento-de-aguas-oleosas-por-meio-da-flotacao-por-ar-dissolvido-fad-com-o-uso-de-biossurfactantes-e-adsorcao-utilizando-bioadsorventes/>> Acesso em: 22 maio 2020.

- FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; FERREIRA, M. E. **Kinetics and equilibrium studies of methylene blue adsorption by spent coffee grounds.** Desalination, v. 249, p. 267- 272, 2009. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916409008376>>. Acesso em: 29 jun. 2020.
- JUNG, K.; CHOI, B.H.;HWANG, M.; JEONG, T.; AHN, K. **Fabrication of granular activated carbons derived from spent coffee grounds by entrapment in calcium alginate beads for adsorption of acid orange 7 andmethylene blue,** v. 219, p. 185-195, 2016. Disponível em: <[sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096085241631077X](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096085241631077X)> Acesso em: 28 maio 2020.
- LOPES, R. P. F.: **Remoção de cobre em efluente sintético por adsorção.** Trabalho de Conclusão de Curso. Dissertação (Graduação em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016, 48 f. Disponível em: < <https://monografias.ufrn.br/jspui/handle/123456789/2277>> Acesso em: 06 jun. 2020.
- MAGALHÃES, E. H. P.; **Resíduo de café (borra) e seu efeito no carbono orgânico e nos atributos microbiológicos do solo cultivado com cafeeiro orgânico.** Trabalho de Conclusão de Curso. Dissertação (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2013. Disponível em: < [https://bdm.unb.br/bitstream/10483/5965/1/2013\\_EduardoHenriquePortoMagalhães.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/5965/1/2013_EduardoHenriquePortoMagalhães.pdf)> Acesso em: 20 jun. 2020.
- MULLER, C.C.; RAYA-RODRIGUEZ, M. T.; CYBIS, L. F. **Adsorção de carvão ativado em pó para remoção de microcistina em água de abastecimento público.** Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, Jan./Março 2009. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522009000100004&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522009000100004&script=sci_arttext)> Acesso em: 06 jun. 2020.
- NATURAL TEC: **Carvão ativado – Ficha técnica.** p.1, 2018. Disponível em: < <http://www.naturaltec.com.br/carvao-ativado-ficha-tecnica/>>. Acesso em: 13 jun. 2020.
- NATURAL TEC: **Tratamento de Efluentes.** p. 1, 2018. Disponível em: <<http://www.naturaltec.com.br/efluentes-tratamento/>>. Acesso em: 13 jun. 2020.
- OUELLETTE, J. **Borra de café pode ajudar no tratamento de água.** 2016. Disponível em: <<https://gizmodo.uol.com.br/borra-de-cafe-tratamento- agua/>>. Acesso em: 05 jun. 2020.
- PEREIRA, P. J. **Utilização de resíduos agrícolas e florestais como biosorventes de herbicidas.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Faculdade de Biociências da Pontifícia Universidade Católica, Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em:< <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/view/20745>> Acesso em: 22 maio 2020.
- PLAZA, M.G.; GONZÁLEZ, A.S.; PEVIDA, C.; PIS, J.J.; RUBIERA, F. **Valorisation of spent coffee grounds as CO2 adsorbents for postcombustion capture applications.** Applied Energy, [s.l.], v. 99, p. 272- 279, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.05.028>>. Acesso em: 05 abril 2020.



ROLDI, L. L. **Avaliação da capacidade de adsorção da borra de café e da casca de café na remoção de 2,4-D em amostras de água.** Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) - Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.ufes.br/jspui/handle/10/10903>> Acesso em: 21 maio 2020.

TOKIMOTO, T.; KAWASAK, N.; NAKAMURA, T.; AKUTAGAWA, J.; TANADA, S.. **Removal of lead ions in drinking water by coffee grounds as vegetable biomass.** Journal of Colloid and Interface Science, v. 281, n. 1, p. 56-61, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2004.08.083>>. Acesso em: 05 abril 2020.

## REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA: ESTUDO SOBRE EFICIÊNCIA NO TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUAL

Alan Agostini<sup>1</sup>, Fillipe Pierote Cani Santos<sup>1</sup>, Lucas Vieira Félix<sup>1</sup>, Pedro Júnior Zucatelli<sup>2</sup>

1- Acadêmico de Engenharia Química

2- Doutor – Professor Multivix–São Mateus - ES

### RESUMO

As estações municipais de tratamento de águas residuais (ETARs) de hoje são projetadas para remover sólidos, substâncias orgânicas degradáveis e nutrientes (compostos de nitrogênio e fósforo) das águas residuais, contribuindo significativamente para a proteção da água e para a boa qualidade geral das águas superficiais. Neste contexto, o problema de pesquisa deste estudo é a definição do melhor método de tratamento de águas residuais e o objetivo geral deste estudo, utilizando a Revisão Sistemática da Literatura – RSL, foi analisar estudos sobre o tratamento de águas residuais no período de janeiro de 2019 a maio de 2020 e compará-los a fim de definir o método mais eficiente de tratamento. A partir do estudo realizado conclui-se que a *moringa oleifera* como agente coagulante forneceu resultados significativos que o justificam como um coagulante alternativo no processo de coagulação / floculação da água produzida, além de apresentar baixo custo e ambientais material favorável para remover a cor e melhorar a turbidez da água. Já os Processos Oxidativos Avançados (POA) apresentam uma imensa importância nos últimos anos por sua capacidade de remover uma vasta gama de poluentes orgânicos, incluindo poluentes emergentes, mineralizando-os em dióxido de carbono e água em muitos casos, em condições de reação ambientalmente e economicamente viáveis.

**Palavras-Chave:** Tratamento de água. *Moringa Oleífera*. Água Residual.

### ABSTRACT

Today's municipal wastewater treatment plants (WWTPs) are designed to remove solids, degradable organic substances and nutrients (nitrogen and phosphorus compounds) from wastewater, making a significant contribution to water protection and overall good water quality. superficial. In this context, the research problem of this study is the definition of the best method of wastewater treatment and the general objective of this study, using the Systematic Review of Literature - RSL, was to analyze studies on wastewater treatment in the period from January to 2019 to May 2020 and compare them in order to define the most efficient method of treatment. From the study carried out, it is concluded that moringa oleifera as a coagulating agent provided significant results that justify it as an alternative coagulant in the coagulation / flocculation process of produced water, in addition to presenting low cost and favorable environmental material to remove color and improve the turbidity of the water. Advanced Oxidative Processes (AOP) have been of immense importance in recent years for their ability to remove a wide range of organic pollutants, including emerging pollutants, mineralizing them into carbon dioxide and water in many cases, under environmentally and reactive conditions. economically viable.

**Keywords:** Water treatment. *Moringa Oleifera*. Residual water.

## 1 INTRODUÇÃO

As estações municipais de tratamento de águas residuais (ETARs) de hoje são projetadas para remover sólidos, substâncias orgânicas degradáveis e nutrientes (compostos de nitrogênio e fósforo) das águas residuais, contribuindo significativamente para a proteção da água e para a boa qualidade geral das águas superficiais.

Segundo Pinto (2018) as águas residuais são todas as águas descartadas que resultam da utilização para diversos processos, de acordo com sua origem possuem dois grandes tipos de águas: as domésticas e as industriais. As domésticas são resultado da atividade habitacional podendo ser águas fecais ou negras e saponáceas, já as industriais resultam de processos de fabricação de diversos estabelecimentos. As suas características são função do tipo e processo de produção que podem gerar em casos específicos bactérias, vírus e diversas substâncias químicas e metais pesados.

A resolução CONAMA 430/2011, artigo 3º, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento. Assim, cabe as empresas se adequar à essa realidade, buscado reduzir os impactos ambientais gerados.

Os tratamentos primário e secundário removem a maioria da matéria orgânica e dos sólidos em suspensão encontrados nas águas residuais, além de algumas substâncias potencialmente perigosas presentes em concentrações vestigiais. No entanto, micropoluentes, como drogas, detergentes e produtos para cuidados pessoais, não são facilmente degradáveis. Sua liberação das ETARs é atualmente um dos maiores riscos para os corpos d'água, pois são possíveis efeitos nocivos para os organismos aquáticos e todo o ecossistema pode estar ameaçado (BÖHLER *et al.*, 2012).

A concentração de microrganismos no lodo normalmente diminui durante os tratamentos de águas residuais, mas os tanques biológicos onde os processos degradativos são realizados, representam um ambiente potencialmente adequado para o desenvolvimento e a propagação da resistência a antibióticos. De fato, nesse ambiente, caracterizado pela mistura contínua entre muitos microrganismos e poluentes, em particular antibióticos que estão presentes em concentrações

subinibitórias, as bactérias podem sofrer mutações e trocar determinantes de resistência por transferência plasmídica, transdução por bacteriófagos e transformação. Como resultado, as ETAR convencionais descarregam quantidades importantes de bactérias resistentes a antibióticos (ARB) e genes de resistência a antibióticos (ARGs) em corpos d'água naturais, apesar de sua eficácia na redução de nutrientes e na concentração bacteriana total. Portanto, a fim de limitar a disseminação da resistência a antibióticos, devem ser adotados tratamentos capazes de eliminar ou pelo menos reduzir os ARGs, ARB e patógenos da saída da ETAR (BÖHLER *et al.*, 2012).

Assim, é necessária a implementação de etapas avançadas de tratamento para reduzir a liberação de micropoluentes nas águas superficiais. Muitas metodologias são investigadas, uma vez que demonstraram ser adequadas para implementação em escala industrial em termos de eficiência, custos e requisitos de energia como: oxidação e adsorção do ozônio em carvão ativado granular ou em pó (PAC). Estudos e ensaios piloto mostraram que ambos os processos adicionais de tratamento melhoram significativamente a qualidade das águas residuais tratadas em relação aos micropoluentes e seus efeitos indesejados. Além disso, esses tratamentos contribuem para diminuir o número de bactérias a um nível que atenda aos padrões higiênicos em vigor para as águas balneárias em lagos e rios (ZHANG *et al.*, 2018).

Outros compostos também são utilizados como os metabólitos vegetais na fabricação de nanopartículas de metal e óxido de metal, que mostraram propriedades antimicrobianas eficazes. As sementes trituradas também são capazes de atrair e aderir rapidamente a bactérias e vírus encontrados em água contaminada e turva. Um estudo comparativo também foi realizado com a captação de águas pluviais na superfície e sua purificação usando extratos de sementes e sulfato de alumínio. As sementes também mostraram atividade antimicrobiana. A maioria dos trabalhadores relatou o uso de extratos de folhas ou cascas em outros lugares, enquanto o uso científico e eficaz de pó de sementes secas de *M. oleifera* para purificação de água e eficácia antibacteriana (ZHANG *et al.*, 2018).

Neste contexto, o problema de pesquisa deste estudo é a definição do melhor método de tratamento de águas residuais e pretende responder a seguinte pergunta: Qual o método mais eficiente e estratégico para o tratamento de águas residuais dentre as metodologias utilizadas em estudos científico publicados nos anos de

2019 e 2020? Assim, para responder o seguinte questionamento o objetivo geral deste estudo, utilizando a Revisão Sistemática da Literatura – RSL, foi analisar estudos sobre o tratamento de águas residuais no período de janeiro de 2019 a maio de 2020 e compará-los a fim de definir o método mais eficiente de tratamento. Os objetivos específicos foram: reunir os estudos no período selecionado e analisar as metodologias utilizadas; descrever quais achados de cada uma das metodologias, e comparar os diferentes métodos a fim de recomendar o melhor tratamento utilizado de acordo com estes estudos.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 MÉTODOS DE TRATAMENTO DE ÁGUA**

#### **2.1.1 Carvão Ativado Granular (CAG) e Carvão Ativado em Pó (CAP)**

O CAG é normalmente utilizado em uma estação de tratamento de água após os processos de coagulação e sedimentação e, geralmente, após etapas preliminares de desinfecção durante as quais as reações químicas podem ocorrer. Além disso, a água é frequentemente desinfetada antes de passar pelos adsorventes do CAG, a fim de impedir crescimentos biológicos incômodos. Em muitos casos, o carvão ativado funciona como um meio filtrante granular para remover partículas (LOHBERGER; COSTE; SANGLARD, 2014).

Após o tratamento de um suprimento de água com o CAG, a pós-desinfecção geralmente é usada para reduzir o número total de bactérias, algumas das quais podem estar presentes devido ao crescimento microbiano nos adsorventes. Desinfetante suficiente é geralmente aplicado para garantir um resíduo no sistema de distribuição para evitar a contaminação da água. A pós-desinfecção é usada além da pré-desinfecção, porque os oxidantes aquosos usados nas etapas preliminares de desinfecção geralmente são eliminados por reação com o CAG (LOHBERGER; COSTE; SANGLARD, 2014).

Em certos casos, algumas resinas sintéticas podem servir como substitutos do CAG ou podem ser usadas em conjunto com o CAG para fornecer a qualidade desejada da água. A principal diferença entre as resinas e o CAG é que as resinas são regeneradas pela aplicação de soluções aquosas de ácidos, bases e / ou sais, ou de solventes não aquosos ou vapor, enquanto o CAG geralmente é regenerado

termicamente. Em geral, as resinas geralmente requerem uma etapa de pré-tratamento que depende da natureza das resinas. O carvão ativado em pó (CAP) agora é mais comumente utilizado no Brasil do que o CAG. Geralmente, ele é adicionado para controlar o sabor e o odor em pontos da estação de tratamento de água, desde a entrada de água até o filtro de areia rápido. O CAP é removido na bacia de sedimentação ou pelo filtro de areia rápido. Nenhuma tentativa é feita para regenerá-lo durante o tratamento da água. Se o CAP pode ser usado para remover produtos orgânicos que não sejam aqueles que causam sabor e odor ofensivos, é necessário um exame mais detalhado (WOLFF *et al.*, 2018).

Vários tipos de CAG e CAP estão disponíveis comercialmente como resultado de variações nas matérias-primas e nos processos de fabricação. Como os tipos de contaminantes orgânicos variam muito de local para local, o melhor carbono para uma aplicação pode não ser o melhor em outra. Conseqüentemente, testes comparativos para uma determinada fonte de água são obrigatórios. Os compostos químicos que entram em um processo de tratamento de água por adsorção consistem em materiais húmicos de alto peso molecular, compostos orgânicos de menor peso molecular de origem natural ou industrial e produtos de tratamento anterior, como cloração ou ozonização. Uma porção dos produtos químicos pode ser removida pelo processo de clarificação e / ou sorvida pelo adsorvente ou qualquer floco microbiano dentro do leito de adsorvente. Alguns compostos podem ser não adsorvíveis ou apenas muito pouco adsorvíveis (WOLFF *et al.* 2018).

Os compostos químicos que saem do processo de tratamento de adsorção podem ser os mesmos produtos químicos que entraram na planta, ou podem ser produtos de reação química ou ação microbiana no sistema. Os compostos orgânicos podem aparecer no efluente de uma coluna de adsorção porque os locais de adsorção disponíveis estão saturados ou porque são deslocados dos locais de adsorção por outros orgânicos. Como a adsorção geralmente é reversível, os compostos adsorvidos podem desorvir e aparecer no efluente quando as concentrações de influentes desses compostos diminuem. Esses fenômenos podem levar ao aparecimento de uma concentração maior de um composto no efluente do que no influente. Assim, a variabilidade qualitativa e quantitativa da mistura de orgânicos que entra em um processo de adsorção afeta a qualidade da água que pode ser produzida por ele (WOLFF *et al.*, 2018).

Dessa maneira, a quantidade de PAC pode ser reduzida em 15 a 20%, mantendo um efeito positivo na sedimentação dos flocos de lodo ativado. Por outro lado, o PAC usado apresenta micropoluentes adsorvidos como antibióticos e uma alta concentração de bactérias, inclusive resistentes a antibióticos, que serão misturadas ao lodo ativado por reciclagem. Isso pode levar a uma seleção e, possivelmente, a um aumento de BRA nas lamas e nas águas de efluentes depurados. A eficácia do carvão ativado na redução de antibióticos das águas residuais foi amplamente comprovada (Meinel *et al.* 2016).

### **2.1.2 *Moringa oleífera***

Os processos de coagulação e floculação têm sido amplamente utilizados no tratamento de água. Coagulantes comuns, como sulfato de alumínio e sal de ferro, geralmente são caros e afetam a saúde humana. Muitos estudos foram relatados sobre a relação entre a doença de Alzheimer e o alumínio redundante. Conforme recomendado pela Organização Mundial da Saúde, a quantidade de alumínio na água potável não deve exceder 0,2 mg/L. Além disso, o uso de coagulantes químicos leva a uma mudança de pH (alcalino na água após o tratamento), à formação de lodo não biodegradável e à remoção incompleta de compostos tóxicos na água (VALVERDE *et al.*, 2014). Outra desvantagem é o alto custo do tratamento da água para os países pobres e em desenvolvimento, dificultando o fornecimento de água potável e o tratamento da água. Portanto, os coagulantes naturais estão oferecendo novas possibilidades na busca por tecnologias sustentáveis de tratamento de água (JUNG *et al.*, 2018).

*Moringa oleífera* é uma planta tropical pertencente à família das *Moringaceae*. Suas sementes demonstraram ser um dos principais bio-coagulantes mais eficazes para tratamento de água, incluindo a turbidez das águas superficiais, álcalis, contaminantes orgânicos por demanda biológica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxigênio (DQO) nas águas residuais municipais, e águas residuais industriais, incluindo têxteis (VILASECA *et al.*, 2014), fermentação de café (GARDE *et al.*, 2017), águas residuais farmacêuticas (ERI *et al.* 2018), microalgas (CAMACHO *et al.*, 2017), protozoários (PETERSEN *et al.*, 2016), *coliforme* total (NGUYEN 2016) e *Escherichia coli* (DASGUPTA *et al.*, 2016).

Muitos estudos descreveram os mecanismos predominantes de redução tóxica utilizando *Moringa oleifera* para adsorção, neutralização de carga e partículas desestabilizantes entre as proteínas catiônicas de *Moringa oleifera* e o colóide da água. As sementes foram determinadas como proteínas catiônicas com baixo peso molecular variando de 6 a 16 kDa com ponto isoelétrico acima de  $pI$  10. Os aminoácidos nas sementes de *Moringa oleifera* incluem glutamina, arginina e prolina, com um total de 60 outros resíduos. O peptídeo de proteína auxilia oito aminoácidos carregados positivamente (7 argininas e 1 histidina) e 15 resíduos de glutamina (CAMACHO *et al.*, 2017).

Baptista *et al.* (2017) extraíram a *Moringa oleifera* proteínas e determinou que a globulina apresentou o melhor desempenho, promovendo alta eficiência de turbidez e redução de cor em águas de baixa turbidez. Além disso, é capaz de remover microorganismos devido à consistência do antioxidante e antimicrobiano. Extratos de sementes de *Moringa oleifera* foram observados contra *S. aureus*, *E. coli* e *V. cholerae* na água do viveiro de camarões. Além disso, biofilmes de microrganismos de interesse clínico foram removidos por sementes de *Moringa oleifera*, como *S. aureus* e *P. aeruginosa* e levedura *C. albicans*. Os biocompostos mais provavelmente envolvidos nessa atividade são saponinas, taninos, isotiocianatos e compostos fenólicos, como alcalóides, principalmente flavonóides, que existem em altas concentrações nas sementes.

Estudos iniciais estudaram apenas sementes esmagadas de *Moringa oleifera* pós remover o revestimento e as asas e triturar para clarificar a água sintética da turbidez. No entanto, essas substâncias tiveram resultados efetivos em alta e média turbidez ( $\leq 200$  NTU). Assim, o desenvolvimento de métodos de extração de derivados foi investigado. Água destilada, sais e solventes foram utilizados para extrair o composto ativo de *Moringa oleifera* antes de tratar os poluentes nas águas residuais. Solução de cloreto de sódio foi utilizada para extrair proteínas das sementes de *Moringa oleifera*. Verificou-se que esta substância possui uma capacidade de coagulação 7,4 vezes maior do que a água destilada, devido ao aumento das dissociações de proteínas e solubilidade de proteínas na coagulação. Madrona *et al.* (2010) descreveram que a redução na cor e turbidez da água aquosa pelo extrato de *Moringa oleifera*, preparada com solução de cloreto de potássio (KCl), foi mais eficiente do que com água destilada. A maioria dos métodos



de extração para sementes de *Moringa oleifera* foi o extrato de óleo por extração com solvente, como o hexano, etanol e acetona.

De acordo com Cao *et al.* (2017), ECAS incluindo católito e anólito foram utilizados para a extração de gelatina de peles de peixes. O uso do ECAS é um método ecológico e eficaz. Conforme mencionado nesta pesquisa, a extração proteica de *Moringa oleifera* sementes tem melhorado essa utilização do ECAS como solvente extraído após a etapa de extração de óleo pelo n-hexano. A proteína das sementes de *Moringa oleifera* foi dissolvida aproximadamente no ECAS, depois precipitada e seca. Este produto extraído raramente é biodegradado por microorganismos devido ao antioxidante do ECAS.

Esses autores mostraram que as sementes de *Moringa oleifera* eram mais eficientes que o PAC no tratamento de água com alta turbidez. Por outro lado, o PAC teve um resultado melhor para a purificação em baixa turbidez, enquanto o bolo de prensagem desengordurado das sementes de *Moringa oleifera* mostrou-se mais eficaz do que os agentes comerciais de coagulação PAC para tratar o corante preto 19 em pH 5-8 a qualquer temperatura. Assim, é necessário investigar o uso do extrato de sementes de *Moringa oleifera* e a diferença entre *Moringa oleifera* sementes e o coagulante comercial PAC para tratar águas superficiais e águas residuais. O uso de um bio-coagulante baseado em plantas como sementes de *Moringa oleifera* ajudaria práticas ambientais econômicas sustentáveis, apresentando grandes benefícios como biodegradabilidade, baixo índice de formação de lodo residual e não toxicidade, natureza não corrosiva e aproveitamento para o tratamento de água e esgoto ajudaria a reduzir a dependência química (OLADOJA, 2014).

### **2.1.3 Processos Oxidativos Avançados**

Os processos avançados de oxidação (AOPs) foram propostos pela primeira vez para o tratamento de água potável na década de 1980, que são definidos como os processos de oxidação que envolvem a geração de radicais hidroxila (OH) em quantidade suficiente para efetuar a purificação da água. Posteriormente, o conceito de AOP foi estendido aos processos oxidativos com radicais sulfato. Diferente dos oxidantes comuns, como cloro e ozônio, que têm um duplo papel de descontaminação e desinfecção, os AOPs são aplicados principalmente para a

destruição de contaminantes orgânicos ou inorgânicos na água e nas águas residuais. Embora a inativação da AOP de patógenos e indicadores patogênicos tenha sido estudada, eles raramente são empregados para desinfecção porque esses radicais têm meia-vida muito curta (da ordem de microssegundos), de modo que os tempos de detenção necessários para desinfecção são proibitivos devido a concentrações radicais extremamente baixas. Quando os AOPs são aplicados no tratamento de águas residuais, espera-se que esses radicais, como um poderoso agente oxidante, destruam suficientemente os poluentes das águas residuais e os transformem em produtos menos e até não-tóxicos, fornecendo assim uma solução definitiva para o tratamento de águas residuais (TORRENS, 2013).

O radical hidroxila é o agente oxidante mais reativo no tratamento da água, com potencial de oxidação entre 2,8 V (pH 0) e 1,95 V (pH 14) vs. SCE (eletrodo de calomel saturado, o eletrodo de referência mais utilizado). OH é não seletivo no seu comportamento e reage rapidamente com numerosas espécies com as constantes de velocidade da ordem de lei da cinética da reação  $k = 10^8 \text{ a } 10^{10} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ . Os radicais hidroxila atacam poluentes orgânicos através de quatro vias básicas: adição de radical, abstração de hidrogênio, transferência de elétrons e combinação de radicais. Suas reações com compostos orgânicos produzem radicais centrados no carbono (R ou R-OH). Com  $\text{O}_2$ , esses radicais do centro de carbono podem ser transformados em radicais orgânicos peroxil ( $\text{RO}_2$ ). Todos os radicais ainda reagem acompanhada com a formação das espécies mais reativas tais como  $\text{H}_2\text{O}_2$  e superóxido ( $\text{O}_2^-$ ), levando à degradação química e mesmo mineralização destes compostos orgânicos. Porque os radicais hidroxilo tem um muito curto tempo de vida, eles são apenas produzidos *in loco* durante a aplicação, através de diferentes métodos, incluindo uma combinação de agentes de oxidação (tais como  $\text{H}_2\text{O}_2$  e  $\text{O}_3$ ), de irradiação (tal como luz ultravioleta ou ultrassom), e catalisadores (como  $\text{Fe}^{2+}$ ). Os mecanismos de geração de radicais hidroxila das principais AOPs para tratamento de águas residuais são resumidos resumidamente abaixo (IKAI et al., 2010).

O  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  em si é um oxidante forte com um potencial de oxidação padrão ( $E^\circ$ ) de 2,01 V. Uma vez ativada pelo calor, a irradiação ultravioleta (UV), metais de transição ou pH elevado,  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  pode formar radicais sulfato mais poderosos ( $\text{SO}_4^-$ ,  $E^\circ = 2,6\text{V}$ ) iniciar processos de oxidação avançados baseados em radicais sulfato. O pH elevado também pode ativar o persulfato, mas os mecanismos relevantes

ainda não são claros]. Em um método de persulfato ativado termicamente, a temperatura aplicada varia amplamente entre 35 e 130°C. Com a mesma concentração molar de persulfato, o método de ativação de metal gera apenas 50% de um rendimento de radical sulfato produzido a partir do método de persulfato ativado por calor ou por UV. Portanto, o método de ativação de metal não é teoricamente eficiente. Os metais usados com mais frequência incluem íons ferroso (Fe (II)) e férrico (Fe (III)), embora outros metais tenham demonstrado capacidade de ativação, como Cu (I) e Ag (I) (DENG; EZYSKE, 2011).

Semelhante aos radicais hidroxila, os radicais sulfato são espécies altamente reativas com uma vida útil curta, embora ambas as espécies radicais tenham padrões de reação diferentes. Os radicais hidroxila adicionam preferencialmente às ligações C = C ou abstraem H das ligações C-H durante suas reações com compostos orgânicos. Por outro lado, os radicais sulfato tendem a remover elétrons de moléculas orgânicas que são subsequentemente transformadas em cátions de radicais orgânicos (DENG; EZYSKE, 2011).

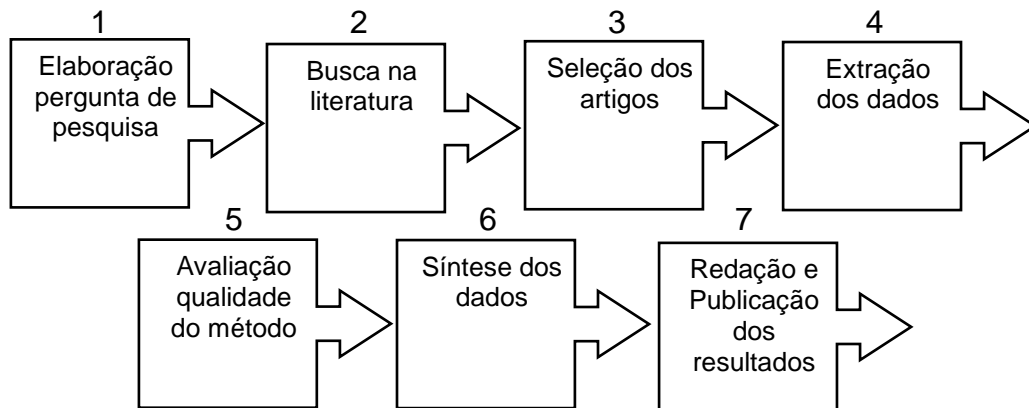
### 3 METODOLOGIA

O protocolo de estudo é de revisão sistemática da literatura (RSL) e foi realizado para determinar a eficácia dos sistemas de tratamento de águas residuais, pesquisando artigos e trabalhos publicados em repositórios como por exemplo, *Scopus*, *ScienceDirect*, *Pantheon* (UFRJ), Repositório da Produção Científica e Intelectual da Unicamp e em revistas científicas, *Bioresource Technology*, *Analytica*, *Revista Virtual de Química* e *Revista de Química Industrial*.

A RSL tem como objetivo resumir toda a informação existente sobre um fenômeno com imparcialidade e de forma completa, através de métodos claros de pesquisas de referências bibliográficas. Segundo Brizola e Fantin (2016), para elaborar uma RSL os pesquisadores devem possuir familiaridade com o tema pesquisado, considerando que no decorrer da pesquisa podem surgir problematizações que contribuam na contextualização do tema.

Para construção da presente RSL foi empregado elementos do roteiro de pesquisa conforme a (Figura 1) a saber: (1) elaboração da pergunta de pesquisa; (2) busca na literatura; (3) seleção dos artigos; (4) extração dos dados; (5) avaliação da qualidade metodológica; (6) síntese dos dados e (7) redação e publicação dos resultados.

Figura 1 - Elementos do roteiro de pesquisa



Fonte: Produzido pelos autores

As bases de dados da pesquisa foram utilizadas individualmente, pois as buscas em várias bases simultaneamente não produziram resultados confiáveis e eram difíceis de serem sistematizados. A estratégia foi elaborada de acordo com a especificidade do tema proposto desse artigo, as palavras-chave utilizadas escolhidas foram: 'águas residuais' ou 'tratamento de águas residuais' ou 'efluentes' ou 'eliminação de esgotos' ou 'eliminação de águas residuais' e 'tratar' ou 'remover'.

Os dados foram coletados desde o início de 2019 até maio de 2020. A pesquisa foi realizada verificando todos os artigos publicados. Dessa forma, os resumos de todos os artigos publicados foram revisados no período de 1 ano e 5 meses (2019/2020).

Os critérios de inclusão para este estudo incluíram o ano de publicação, tipo de amostras de águas residuais (águas residuais municipais, águas residuais domésticas, águas residuais hospitalares), número de amostras (mais de 5 amostras de águas residuais), procedimentos de tratamento (tipos diferentes), declarar o necessário e mencionar o tipo de purificação (tipo de tratamento, quantidade ou porcentagem de agentes microbianos removidos).

Os critérios de exclusão para este estudo foram: não demonstraram pertencer a esta categoria após a leitura do texto completo, falta de acesso ao artigo completo, inadequação do método de tratamento e purificação, falta de expressão do tipo de agentes microbianos removidos, estudos de revisão e cartas ao editor.

Na avaliação da qualidade dos artigos selecionados foram avaliados a partir de um valor interno com viés de seleção, foram levados em consideração o título, o resumo e as palavras-chaves atribuídas no processo de inclusão e exclusão. Em tese, a qualidade das indicações dos estudos foi julgada a partir de três medidas principais: (1) limitações; (2) compatibilidade dos resultados; e (3) precisão (capacidade de generalização dos achados e fornecimento de dados suficientes). Estudos que demonstraram ausências nesses pontos não foram adicionados ou selecionados.

Para extrair informações, todos os artigos foram avaliados de forma independente pelos autores (Tabela 1), com base nos critérios de inclusão e exclusão. Foram resumidas as informações e, nos casos em que as informações eram inconsistentes, foram inseridos comentários sobre o achado. As informações extraídas dos artigos foram incluídas na lista de verificação do pesquisador para aprovação qualitativa e utilizadas em outros estudos de autores anteriores deste artigo. A lista de verificação incluiu o nome do primeiro autor e do artigo, os objetivos, processo de tratamento, e as conclusões. Além disso, as taxas de remoção dos agentes microbianos mencionados nos estudos.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para analisar e discutir os dados levantados nesse trabalho com o objetivo de dar suporte a discussão, os dados foram detalhados e organizados conforme a Tabela 1, artigos inseridos na revisão sistemática de literatura.

Tabela 1 - Artigos inseridos na Revisão Sistemática de literatura

<b>Título do Artigo e Autores</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Processo de tratamento</b>	<b>Conclusão</b>
Potencial De Remoção De Cor E Turbidez Com A Aplicação De Sulfato De Alumínio Associado Ao Carvão Ativado Em Águas Naturais Bernardino et al. 2019	Determinar a dosagem ideal para o coagulante inorgânico Sulfato de Alumínio e a partir desta, estimar a concentração mais eficiente para o Carvão Ativado, baseando-se nos parâmetros turbidez e cor aparente	Carvão ativado	Os resultados obtidos demonstram que na concentração de 12,5 mg/L verificou-se os menores valores de cor e turbidez após a decantação, no entanto, nenhuma das dosagens atingiram os valores preconizados pela portaria de nº 5/2017 do Ministério da Saúde e quando se associa o material adsorvente ao tratamento aplicado antes da coagulação observa-se uma

			melhoria na clarificação da água.
Gestão da água em usina de concreto: análise do emprego de Moringa oleífera no tratamento de água residuária e proposta de reuso após tratamento Silva e Paula (2019)	O presente estudo avaliou as possíveis aplicações para água residuária tratada com o uso do extrato aquoso de Moringa oleífera obtido de duas formas, sendo: apenas em água destilada (EAMO) e outra em água destilada com nitrato de cálcio (EAMO/Ca <sup>2+</sup> ) e com o coagulante químico sulfato de alumínio (Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ).	Moringa oleífera	Os tratamentos analisados possibilitaram redução da alcalinidade em 22% com EAMO/Ca <sup>2+</sup> e 16% com o extrato Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> , diminuição da dureza em 11,4% com EAMO/Ca <sup>2+</sup> e 4,7% com extrato Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> e eficiência de remoção da turbidez superior a 85% para todos os coagulantes estudados na dosagem ótima.
Aplicação Da Ozonização E Do Processo Oxidativo Avançado O <sub>3</sub> /Uv Na Degradação De Efluentes Da Indústria De Celulose	Neste trabalho foi avaliada a ozonização e o processo oxidativo avançado o O <sub>3</sub> /UV para a redução da absorvância em UV254nm e da Demanda Química de Oxigênio de um efluente de uma indústria de celulose em dois valores iniciais de pH (10 e 7,9).	POA	Verificou-se uma elevada percentagem de remoção (53%) e (64%) para os estudos utilizando os processos O <sub>3</sub> (pH 10) e O <sub>3</sub> /UV, respectivamente. Também verificou-se uma diminuição da absorvância em 254 nm que corresponde ao comprimento de onda dos compostos aromáticos. De um modo geral, o estudo revelou que o uso do processo O <sub>3</sub> /UV e/ou ozonização pode constituir um processo de tratamento alternativo para a remoção/degradação dos efluentes da indústria do papel e celulose.
Tratamento De Água Por Sistema Sodis Com Utilização De Moringa Oleífera	O objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência da desinfecção da água com a utilização da radiação solar associado ao uso de coagulante orgânico <i>Moringa oleífera</i> .	Moringa oleífera	A remoção de cor aparente foi bastante significativa com uma eficiência acima de 89% nos tratamentos após a exposição solar, mostrando um bom funcionamento do sistema SODIS.
Estudo de Degradação da Tetraciclina em Água Empregando Processos Oxidativos Avançados. Barbieri (2019)	Este trabalho teve por objetivo estudar a degradação do antibiótico tetraciclina (TC) em matriz aquosa sintética empregando os (POAs) fotocatalise homogênea (foto-Fenton) e heterogênea (TiO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UV), sendo as condições otimizadas por meio de planejamento fatorial completo inicial e posterior delineamento composto central rotacional (DCCR).	POA	Os dados das cinéticas dos dois tratamentos se ajustaram de maneira mais satisfatória ao modelo de pseudo-segunda ordem com K <sub>2</sub> = 0,002 min <sup>-1</sup> , para fotocatalise homogênea e K <sub>2</sub> = 0,0006 min <sup>-1</sup> para fotocatalise heterogênea. No teste de toxicidade com <i>Escherichia coli</i> como microrganismo bioindicador observou-se menor efeito tóxico após todos os tratamentos de degradação empregados. Os tratamentos fotocatalise homogênea (foto-Fenton) e heterogênea (TiO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UV) são promissores no tratamento de águas e efluentes contaminados com o fármaco TC.

<p>Remoção dos Compostos MIB e Geosmina de Água de Abastecimento Usando Carvão Ativado de Caroço de Pêssego Silva; de Lima; Quináia (2019)</p>	<p>O desenvolvimento de novos métodos de remoção de compostos causadores de gosto e odor (MIB e GEOSMINA) em águas de abastecimento com problemas sazonais têm sido constantemente testados.</p>	<p>Carvão ativado</p>	<p>A eficiência de adsorção foi conduzida em experimentos com diferentes massas de carvão, variando os tempos de contato, e comparada com carvões comerciais. Para amostras contendo 3000 ng L<sup>-1</sup> de MIB e GEOSMINA obteve-se índices de remoção acima de 90 % usando o carvão ativado de caroço de pêssego.</p>
<p>Avaliação Da Filtração Direta Descendente No Tratamento De Água De Manancial Com Baixa Turbidez E Cor Elevada Lima (2019)</p>	<p>Para isso, a pesquisa comparou os resultados do tratamento da água em leito filtrante simples de areia e leito filtrante duplo de areia e carvão antracito seguido por adsorção com carvão ativado granulado.</p>	<p>Carvão ativado</p>	<p>Conclui-se que apenas para o leito duplo de areia e carvão antracito, todas as três granulometrias e quatro taxas de filtração estudadas atenderam a Portaria da Consolidação N° 5/2017, sendo o filtro F3, para a taxa de filtração de 340 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia, a melhor condição para ser adotada em escala real.</p>
<p>Influência Das Condições De Aplicação Do Carvão Ativado Pulverizado Na Eficiência De Remoção De Azul De Metileno No Tratamento Em Ciclo Completo Biscola (2019)</p>	<p>Investigar a influência do tempo de contato, dosagem e tipo de carvão ativado pulverizado (CAP) na remoção de azul de metileno (AZM) no tratamento de água em ciclo completo.</p>	<p>Carvão ativado</p>	<p>Para o tempo de contato de 5 min, simulando a aplicação do CAP na entrada da ETA (prática comum), a adsorção não foi satisfatória para as dosagens de CAP investigadas, sendo provável a necessidade do emprego de dosagens maiores que 30 mgL<sup>-1</sup>, condição que pode inviabilizar economicamente o uso do carvão nas ETAs. A pesquisa evidencia a necessidade da execução de ensaios de tratabilidade para determinação das condições de aplicação do carvão ativado pulverizado nas ETAs para a garantia de sucesso da adsorção na remoção de microcontaminantes orgânicos.</p>
<p>Análise do oxidróxido de ferro e carvão ativado como meio filtrante para retenção de metais pesados em filtros de água potável Gonçalves (2019)</p>	<p>O objetivo do presente trabalho foi o desenvolvimento de um filtro que tenha a capacidade de remoção de metais pesados de águas residuais, com potencial aplicação em uma ETA.</p>	<p>Carvão ativado</p>	<p>No processo, utilizou-se um filtro a base de oxidróxido de Ferro e carvão ativado. Encontrou-se valores reduzidos de metais à medida que a camada de oxidróxido aumentava. Desta forma foi possível demonstrar a viabilidade da utilização do novo material no processo de retenção dos metais pesados.</p>

<p>Sementes Da Moringa Oleífera: Eficiência No Uso De Coagulante Biológico No Tratamento De Água Com Turbidez Comparada Aos Coagulantes Químicos Olivio e Esteves (2019)</p>	<p>Analisar a eficácia do coagulante biológico no tratamento de clarificação de água e comparar com o coagulante químico sulfato de alumínio.</p>	<p>Moringa oleífera</p>	<p>As mesmas análises laboratoriais foram feitas com a aplicação de coagulante químico Sulfato de Alumínio, contendo dados comparativos à eficiência do coagulante biológico testado na água do mesmo local coletado. Após análises, os resultados obtidos confirmaram que é possível considerar as sementes de <i>Moringa oleífera</i> como um coagulante biológico, podendo ser utilizado em um novo método para o tratamento de água com turbidez.</p>
<p>Semente de Moringa Oleífera como solução alternativa para o tratamento de água em comunidades rurais Santos, Cruz e Gontijo (2019)</p>	<p>Esse estudo objetivou encontrar uma dose de pó preparado a partir da semente de Moringa Oleífera, que seja eficiente na remoção da turbidez da água utilizada para abastecimento humano na comunidade rural de Capela Branca, localizada na cidade de Bela Vista de Minas.</p>	<p>Moringa oleífera</p>	<p>Conclui-se que a quantidade do pó que garantiu a eficiência na remoção da turbidez (0,648g) equivale a aproximadamente 3 sementes trituradas, e doses maiores ou menores, não atuam com eficiência na remoção da turbidez.</p>
<p>Processos Oxidativos Avançados Aplicados No Tratamento De Águas Residuárias Araújo E Medeiros (2019)</p>	<p>Este trabalho tem como objetivo realizar uma análise metodológica que trata dos processos oxidativos avançados para o tratamento de efluentes, sendo eles: o Fotocatálise TiO<sub>2</sub>/ UV, Foto-Fenton e o Peróxido de Hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV).</p>	<p>POA</p>	<p>Os POAs baseados na utilização de espécies altamente oxidantes para promover uma degradação mais eficaz do poluente a ser tratado fora, utilizados juntamente com tratamentos biológicos, com o intuito de aumentar a biodegradabilidade de compostos recalcitrantes, podendo assim diminuir o tempo demandado para o tratamento via processos biológicos tradicionais onde são capazes de oxidar e mineralizar compostos orgânicos e reduzir metais, a partir da combinação de diferentes oxidantes químicos com uma fonte de irradiação, para a geração dos referidos radicais, logo apresentam grande potencial para serem aplicados no tratamento de efluentes dentro das normas regulamentadoras e da legislação ambiental.</p>
<p>Estudo</p>	<p>O presente trabalho teve</p>	<p>POA</p>	<p>O tratamento que obteve</p>



<p>Comparativo Dos Processos De Adsorção E Fotooxidação No Tratamento Do Efluente De Biodiesel Ribeiro et al. 2019</p>	<p>como objetivo avaliar dois tipos de tratamentos para o efluente do biodiesel produzido a partir de óleo de soja e sebo bovino, com o auxílio de um planejamento fatorial 2<sup>2</sup>, tendo como variáveis o tipo de tratamento e o tempo.</p>		<p>melhor resultado correspondeu a adsorção por carvão ativado com 1 hora, chegando a 73% de remoção de poluentes, além da diminuição de 403 UC (unidades de cor) e 5,54 UT (unidades de turbidez).</p>
<p>Avaliação Do Tratamento E Da Reciclagem De Esgoto Doméstico Para Fins Não Potáveis Em Empreendimento Com Certificação Leed Appel (2019)</p>	<p>Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o tratamento e reciclagem do esgoto doméstico para fins não potáveis, utilizando processos biológicos e oxidativos avançados em empreendimento com certificação LEED, categoria O+M Platinum</p>	<p>POA</p>	<p>Conclui-se que os sistemas de tratamento de esgotos implantados carecem de monitoramento acerca do desempenho do tratamento no longo prazo e que, no Brasil, a ausência de uma legislação clara e difundida que regulamente e fiscalize a prática do reúso ou reciclagem de esgotos sanitários não possibilita mensurar os aspectos da sustentabilidade que são alcançados nesses empreendimentos.</p>
<p>Avaliação Da Degradação Do Antibiótico Ceftriaxona Em Água Pela Aplicação Dos Processos Oxidativos Avançados Peróxido De Hidrogênio E Fenton, Associados Ou Não À Radiação Ultravioleta Gabarra (2019)</p>	<p>Avaliar a eficácia da radiação ultravioleta (UV), do POA Peróxido de Hidrogênio e do POA Fenton, em diferentes concentrações, associados ou não à radiação UV, na degradação/mineralização do antibiótico ceftriaxona em condições de laboratório, dissolvido em água ultrapura.</p>	<p>POA</p>	<p>A aplicação da radiação UV isolada apresentou degradação da ordem de 64% do antibiótico, com remoção de 15,5% do COT inicial. O POA Fenton alcançou taxa de remoção de 100%, com mineralização de 43,6% e residual de peróxido de hidrogênio de 53,7%. Os ensaios com POA H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV e Fenton/UV alcançaram remoção total da ceftriaxona, com as maiores taxas de mineralização, da ordem de 66,6% e 67,6% de redução do COT, respectivamente, com as taxas mais baixas de residual de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, da ordem de 13,9% e 3,2% respectivamente.</p>
<p>Utilização De Resíduos Da Indústria De Açaí Como Leito Filtrante Para Tratamento De Efluente De Piscicultura Martins e Conceição (2019)</p>	<p>Objetivou-se com este trabalho verificar a viabilidade da utilização de resíduos da indústria de açaí como leito filtrante no tratamento de efluente de piscicultura.</p>	<p>Carvão ativado</p>	<p>Experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo divididos em 4 tratamentos, cada um com 4 repetições. As variáveis foram avaliadas pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk (w), seguido dos testes paramétricos (análise de variância (ANOVA) e teste de</p>

			Tukey), e não paramétricos (Kruskal-wallis e Nemenyi). O caroço de açaí mostrou-se viável na utilização como leito filtrante alternativo para o tratamento de efluente de piscicultura.
Estudo de Degradação da Tetraciclina em Água Empregando Processos Oxidativos Avançados. Holanda (2019)	Desenvolver um sistema eletroquímico para o tratamento desse efluente utilizando DAS como material eletródico.	POA	No teste de toxicidade com <i>Escherichia coli</i> como microrganismo bioindicador observou-se menor efeito tóxico após todos os tratamentos de degradação empregados. Os tratamentos fotocatalise homogênea (foto-Fenton) e heterogênea (TiO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UV) são promissores no tratamento de águas e efluentes contaminados com o fármaco TC.
Avaliação da remoção da cor do efluente têxtil através do processo de adsorção com carvão ativado proveniente de folhas de Abacateiro (Persea americana Mill.) Pires (2020)	Este é um estudo, qualitativo e quantitativo, descritivo e exploratório, cujo objetivo geral é avaliar a remoção da concentração de cor do efluente têxtil real através do processo de adsorção com carvão ativado produzido de folhas de Abacateiro.	Carvão ativado	Em termos cinéticos, atingiu-se o equilíbrio de adsorção com 90 minutos de ensaio e o melhor modelo cinético que descreveu o experimento realizado foi o de pseudo-segunda ordem, apontando que a etapa limitante no processo adsorptivo é a parte química ou quimissorção. Destaca-se que mesmo apresentando remoção superior a 97%, a cor do efluente tratado permaneceu superior aos parâmetros estabelecidos nas resoluções e leis vigentes no país.

Fonte: Elaborado pelos autores

A leitura dos artigos selecionados permitiu evidenciar análise dos processos de tratamento, sua aplicação de técnicas e eficiência em relação a remoção de efluentes.

No processo de carvão ativado, o PAC é misturado com as águas residuais após o tratamento biológico, para que a matéria orgânica residual e os micropoluentes sejam absorvidos pelas partículas de carbono. Dessa maneira, a quantidade de PAC pode ser reduzida em 15 a 20%, mantendo um efeito positivo na sedimentação dos flocos de lodo ativado. O estudo de Bernardino et al. (2019) utilizando sulfato de alumínio associado ao carvão ativado não alcançou em nenhuma das dosagens os valores determinados pela portaria de consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde, que é de 0,5 uT para turbidez e 15 uH para cor. Silva e de Lima e Quináia (2019) ao avaliar a utilização do carvão ativado para a remoção

de compostos causadores de gosto e odor (MIB e GEOSMINA) e as amostras contendo 3000 ng L<sup>-1</sup> de MIB e GEOSMINA obteve-se índices de remoção acima de 90 % usando o carvão ativado de caroço de pêssego.

Lima (2019) em uma Instalação Piloto de Tratamento de Água por Oxidação, Adsorção e Dupla Filtração o uso do carvão ativado granulado não influenciou significativamente na qualidade da água tratada para as variáveis estudadas na pesquisa. Biscola (2019) avaliou a aplicação do carvão ativado pulverizado na eficiência de remoção de azul de metileno utilizou CA mineral (CAP A) e um vegetal umectado (CAP B), os ensaios de adsorção em CAP, seguida da coagulação, floculação e sedimentação com ambos os CAPs, mostraram que o CAP A foi mais eficiente em relação ao CAP B com os maiores tempos de contato estudados (90 e 120 min). Já a simulação da aplicação do CAP na entrada da ETA (prática comum), a adsorção não foi satisfatória necessitando de dosagens maiores que 30 mgL<sup>-1</sup>, o que inviabiliza a sua utilização. Martins e Conceição (2019) utilizaram 16 colunas de filtragem, preenchidas com 4 tipos de materiais filtrantes (feltro, serragem, fibra de açaí e fibra de açaí com carvão ativado do açaí), e o filtro de Fibra de Açaí/CA o mais eficiente na retenção de moléculas de cálcio, devido a maior porosidade do carvão ativado.

Já Pires (2020) analisou a utilização de carvão ativado proveniente de folhas de Abacateiro para a o tratamento da cor presente nos efluentes têxteis e constatou eficiência da remoção superior a 97%. Gonçalves (2019) analisou a utilização de um filtro à base de oxidróxido de Ferro e carvão ativado para a retenção a maior quantidade possível de metais pesados e verificou que o Carvão Ativado foi capaz de remover metais como o Gálio, Rubídio, Prata, Índio, Césio, Titânio, Bismuto e Mercúrio e o oxidróxido de Ferro foi mais eficiente do que o Carvão Ativado na remoção do elemento químico Arsênio.

O processo de floculação das impurezas foi descrito extensivamente e envolve agitação controlada e redução da estabilidade das partículas. Frequentemente, as impurezas particuladas são carregadas negativamente. No caso de sais de ferro, muitas vezes é necessário precipitar o excesso aumentando o pH. Os polímeros catiônicos são considerados poluentes ambientais tóxicos para os peixes e, portanto, os resíduos na água tratada precisam ser minimizados. Por esses motivos, tem havido crescente atenção para encontrar

floculantes alternativos, principalmente de produtos naturais, como a moringa oleífera.

Silva e Paula (2019) analisaram tratamentos e concluíram que estes possibilitaram redução da alcalinidade em 22% com EAMO/Ca<sup>2+</sup> e 16% com o extrato Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, diminuição da dureza em 11,4% com EAMO/Ca<sup>2+</sup> e 4,7% com extrato Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> e eficiência de remoção da turbidez superior a 85% para todos os coagulantes estudados na dosagem ótima. Cazú (2019) analisou o sistema *Solar Water Disinfection* (SODIS) associado à moringa e concluiu que ação do SODIS apresentou uma eficiência de 100% de remoção de coliformes em dias de alta radiação solar, e em dias com nebulosidade teve uma diminuição do número de coliformes, mas não houve eliminação, sendo um processo eficaz, alternativo e barato para a desinfecção da água. Olivio e Esteves (2019) ao utilizar as sementes semi-tratadas de *Moringa* apresentaram eficácia na clarificação porque as fibras não despedaçam na água facilitando a filtragem após o processo de decantação, deixando a água menos turbida com teor abaixo de 4,0 NTU. Santos, Cruz e Gontijo (2019) verificaram que 0,648g de pó de semente de Moringa Oleífera, demonstrou eficiência da remoção da turbidez de 2L de água.

A escolha do melhor tratamento para a recuperação de águas residuais com os requisitos acima mencionados depende de sua finalidade posterior. Deve-se considerar a adição dos procedimentos químicos aplicados e dos produtos residuais resultantes do tratamento. Os processos avançados de oxidação (POA) são considerados uma tecnologia altamente competitiva em relação aos tratamentos de água para a remoção de poluentes orgânicos classificados como bio-recalcitrantes e para a inativação de microrganismos patogênicos não tratáveis pelas técnicas convencionais (ARAÚJO; MEDEIROS, 2019).

Quintão et al. 2019 avaliaram a utilização da ozonização e o processo oxidativo avançado o O<sub>3</sub>/UV para a redução da absorbância em UV 254 nm e da Demanda Química de Oxigênio de um efluente de uma indústria de celulose em dois valores iniciais de pH (10 e 7,9) e concluiu que o processo O<sub>3</sub>/UV e/ou ozonização pode ser considerado um processo de tratamento alternativo para a remoção/degradação dos efluentes da indústria do papel e celulose. Holanda (2019) analisou a degradação do antibiótico tetraciclina (TC) em matriz aquosa sintética empregando os (POAs) fotocatalise homogênea (foto-Fenton) e concluiu que o POA é promissor no tratamento de águas e efluentes contaminados.

Ribeiro et al. 2019 comparou 2 métodos de tratamento de efluente do biodiesel: foto-oxidação (foto-Fenton) e adsorção (carvão ativado) e concluiu que a adsorção por carvão ativado com 1 hora obteve o melhor resultado, chegando a 73% de remoção de poluentes, além da diminuição de 403 UC (unidades de cor) e 5,54 UT (unidades de turbidez). Appel (2019) avaliou o tratamento e reciclagem do esgoto doméstico para fins não potáveis, utilizando processos biológicos e oxidativos avançados e os valores de turbidez e séries de sólidos nas amostras do efluente em todas as etapas de tratamento apresentaram redução, porém a diminuição não se apresenta tão significativa, não evidenciaram alterações nos valores médios de pH, somente houve redução da Matéria Orgânica, redução significativa nas frações de nitrato e nitrogênio total, coliformes totais e termotolerantes. Gabarra (2019) analisou o uso de Processos Oxidativos Avançados (POA) na remoção do antibiótico ceftriaxona e concluiu que O POA Fenton alcançou taxa de remoção de 100%, com mineralização de 43,6% e residual de peróxido de hidrogênio de 53,7%.

Diante do exposto, verifica-se uma falta de padronização dos métodos e parâmetros para avaliação dos métodos de tratamento o que dificulta a análise e definição daqueles que são mais eficientes para a atividade, pois cada um apresenta benefícios distintos e combinações distintas. Pode-se identificar uma grande variação nos parâmetros analisados, principalmente porque cada estudo abordou a remoção de parâmetros específicos definidos de acordo com a demanda ou do tipo de material que está presente no sistema. Para responder a questão norteadora, ao analisar os estudos escolhidos no período de 2019 a 2020, dos 18 estudos 38% utilizaram o carvão ativado para o tratamento de água, 38% utilizaram os POA e 22% utilizaram a Moringa Oleífera, e dos 38% o carvão ativado cerca de 20% não apresentaram a eficiência esperada e 40% enfatizaram a necessidade de combinar o carvão ativado a adsorvatos ou filtros para melhor eficiência no tratamento. Já os POA apresentaram 64% de remoção de cor em um estudo e apresentou alta eficiência na degradação de fármacos, e por fim a moringa apresentou mais de 80% eficiência de remoção da cor e turbidez em todos os estudos o que enfatiza ser o melhor tratamento para este fim (cor e turbidez) e os POA para a degradação de fármacos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste estudo, utilizando a Revisão Sistemática da Literatura – RSL, foi analisar estudos sobre o tratamento de águas residuais no período de janeiro de 2019 a maio de 2020 e compará-los a fim de definir o método mais eficiente de tratamento. A partir do estudo realizado, conclui-se que a *Moringa oleifera* como agente coagulante forneceu resultados significativos que o justificam como um coagulante alternativo no processo de coagulação / floculação da água produzida, além de apresentar baixo custo e ambientais material favorável para remover a cor e melhorar a turbidez da água. Já o POA colheram imensa importância nos últimos anos por sua capacidade de remover uma vasta gama de poluentes orgânicos, incluindo poluentes emergentes, mineralizando-os em dióxido de carbono e água em muitos casos, em condições de reação ambientalmente e economicamente viáveis.

## 6.REFERÊNCIAS

- AIDER, M et al. Soluções aquosas eletroativadas: teoria e aplicação na indústria de alimentos e biotecnologia. **Ciência de Alimentos Inovadora e Tecnologias Emergentes** 15, 38. - 49. doi: 10.1016 / 2012.02.002.
- AMR, SSA; AZIZ, HA; ADLAN, MN. Otimização do tratamento estabilizado de lixiviados utilizando ozônio / persulfato no processo avançado de oxidação. **Gerenciamento de resíduos**. 2013; 33 (6): 1434–41.
- APPEL. Avaliação do Tratamento e da Reciclagem de Esgoto Doméstico para fins não Potáveis em Empreendimento com Certificação Leed. **Dissertação**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2019
- ARAÚJO; MEDEIROS. Processos Oxidativos Avançados Aplicados No Tratamento De Águas Residuárias. **Congresso Nacional de Pesquisa e ensino em ciências**. 2019.
- BAPTISTA, ATA et al. Fracionamento proteico de sementes de *Moringa oleifera* e sua aplicação no tratamento de águas superficiais. **Tecnologia de separação e purificação**, 180, 114-124. doi: 10.1016 / j.seppur.2017.02.040. 2017.
- BARBIERI. Estudo de Degradação da Tetraciclina em Água Empregando Processos Oxidativos Avançados. **Monografia**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2019.
- BISCOLA. Influência das Condições de Aplicação do Carvão Ativado Pulverizado na Eficiência de Remoção de Azul de Metileno no Tratamento em Ciclo Completo. **Dissertação**. Universidade de Ribeirão Preto. 2019.
- BÖHLER, M et al. Remoção de micropoluentes na estação municipal de tratamento de águas residuais por carvão ativado em pó. *Sci da água. Technol.* 2012; 66 : 2115-2121.

- CAMACHO, FP; SOUSA, VS; BERGAMASCO, R; TEIXEIRA. O uso de Moringa Oleifera como coagulante natural no tratamento de águas superficiais. **Revista de Engenharia Química** 313, 226-237. doi: 10.1016 / j.cej.2016.12.031. 2017.
- NGUYEN, TMH; LE, NT; RAZUMOVSKAYA, RG. Características e propriedades físico-químicas da gelatina extraída de escamas de robalo (*Lates calcarifer*) e tainha (*Mugilcephalus*) no Vietnã. **Revista de Tecnologia de Produtos Alimentares Aquáticos** 26, 1293-1302. doi: 10.1080 / 10498850.2017.1390026. 2017.
- CAZÚ. Tratamento de Água por Sistema Sodis com Utilização de Moringa Oleifera. **Monografia**. Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, 2019.
- DASGUPTA, S; GUNDAA, NSK; MITRA, SK. Avaliação da atividade antimicrobiana do extrato de sementes de *Moringa oleifera* como solução sustentável para água potável. **RSC Adv.** 6, 25918-25926. doi: 10.1039 / C6RA04011 J. 2016.
- DENG, Y; EZYSKE, CM. Processo de oxidação avançada por radical sulfato (SR-AOP) para remoção simultânea de contaminantes orgânicos refratários e amônia em lixiviados de aterros sanitários. **Revista Water.** 2011; 45 (18): 6189–94.
- ERI, IR; HADI, W; SLAMET, UMA. Esclarecimento de águas residuais farmacêuticas com *Moringa Oleifera*: otimização através de metodologia de superfície de resposta. **Revista de Engenharia Ecológica** 19, 126-134. doi: 10.12911 / 22998993/86148. 2018.
- GABARRA. Avaliação Da Degradação Do Antibiótico Ceftriaxona em Água Pela Aplicação dos Processos Oxidativos Avançados Peróxido de Hidrogênio e Fenton, associados ou não à Radiação Ultravioleta. **Tese**. Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto. 2019.
- GARDE, WK; BUCHBERGER, SG; WENDELL, D; KUPFERLE, MJ. Aplicação do extrato de sementes de *Moringa Oleifera* no tratamento de águas residuais da fermentação do café. **Jornal de materiais perigosos** 329, 102-109. doi: 10.1016 / j.jhazmat.2017.01.006. 2017.
- GONÇALVES, et al. **Análise do oxidróxido de ferro e carvão ativado como meio filtrante para retenção de metais pesados em filtros de água potável**. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2019.
- GREGORY, J; DUAN, J. Hidrolisando sais metálicos como coagulantes. **Química pura e aplicada**, 73 (12), 2017-2026. doi: 10.1351 / pac200173122017. Instituto Nacional do Coração, Pulmão e Sangue. Ferramentas de avaliação da qualidade do estudo. Disponível em: <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/study-quality-assessment-tools>. 2001.
- GUPTA, A; ZHAO, R; NOVAK, JT; GOLDSMITH, C. Aplicação do reagente de Fenton como uma etapa de polimento para remoção de constituintes orgânicos de extinção por UV em lixiviados de aterros sanitários tratados biologicamente. **Chemosphere.** 2014.
- IKAI, H et al. 2010. Fotólise do peróxido de hidrogênio, um sistema eficaz de desinfecção via formação de radicais hidroxila. **Antimicrob Agents Chemother**; 54 (12): 5086–91.
- JUNG, Y et al.. Avaliação do extrato de sementes de *Moringa oleifera* pelo tempo de extração: efeito na eficiência da coagulação e característica do extrato. **Revista de Água e Saúde** 16. doi: 10.2166 / ol.2018.078. 2018.
- LIMA. Avaliação da Filtração Direta Descendente no Tratamento de Água de Manancial com Baixa Turbidez e Cor Elevada. **Dissertação** apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, 2019.

- LOHBERGER, A; COSTE, AT; SANGLARD, D. Papéis distintos dos fatores de transcrição de resistência a drogas de *Candida albicans* TAC1, MRR1 e UPC2 na virulência. *Eucariota. Célula*. 2014; 13: 127-142.
- MADRONA, GS et al. Estudo do efeito da solução salina na extração do componente ativo da semente de *Moringa oleifera* para tratamento de água. **Água Poluição do Solo Ar**, 211, 409-415. doi: 10.1007 / s11270-009-0309-0. 2010.
- MARTINS E CONCEIÇÃO. Utilização de Resíduos da Indústria de Açaí Como Leito Filtrante para Tratamento de Efluente de Piscicultura. Monografia. Universidade Federal Rural da Amazônia - *Campus* Paragominas como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia. 2019.
- MEINEL, F et al. Os benefícios da recirculação de carvão ativado em pó para remoção de micropoluentes no tratamento avançado de águas residuais. *Resista Water.*; 91: 97-103. 2016.
- NGUYEN. Uso de sementes de *Moringa oleifera* como coagulante natural para purificação de água no Vietnã. **Jovem cientista** 132, 127-132. 2016.
- OLADOJA, N. Progresso em coagulantes poliméricos naturais em operações de tratamento de água e esgoto. **Revista de Engenharia de Processos de Água** 6, 174-192. doi: 10.1016 / j.jwpe. 2015.04.004. 2014.
- OLIVIO E ESTEVES. Sementes da *Moringa Oleífera*: Eficiência no uso de Coagulante Biológico no Tratamento de Água com Turbidez Comparada aos Coagulantes Químicos. UNIFUNEC – Centro Universitário de Santa Fé do Sul. 2019.
- PETERSEN, HH et al. Adsorção de poluentes orgânicos de águas residuais de matadouros usando pó de sementes de *Moringa oleifera* como coagulante natural. **Parasitologia de Alimentos e Água** 3, 1 1-8. doi: 10.1016 / j.fawpar.2016.03.002. 2016.
- PIRES. Avaliação da remoção da cor do efluente têxtil através do processo de adsorção com carvão ativado proveniente de folhas de Abacateiro (*Persea americana* Mill.) **Monografia**. Centro Tecnológico (CTC) da Universidade Federal de Santa Catarina. 2020.
- RIBEIRO et al. Estudo Comparativo dos Processos de Adsorção e Fotooxidação No Tratamento Do Efluente De Biodiesel. **Revista gestão sustentável**, Florianópolis, v. 8, n. 1, p.472-482, jan/mar. 2019.
- QUINTÃO et al. Aplicação da Ozonização e do Processo Oxidativo Avançado O3/Uv Na Degradação de Efluentes da Indústria de Celulose. **Congresso Brasileiro de Engenharia Química em iniciação científica**. 2019.
- SANTOS, CRUZ; GONTIJO. Semente de *Moringa Oleífera* como solução alternativa para o tratamento de água em comunidades rurais. **Res., Soc. Dev.** ,2019.
- SILVA e PAULA. Gestão da água em usina de concreto: análise do emprego de *Moringa oleifera* no tratamento de água residuária e proposta de reuso após tratamento. **Revista Matéria**, v.24, n.2. 2019.
- SILVA; LIMA; QUINÁIA. Remoção dos Compostos MIB e Geosmina de Água de Abastecimento Usando Carvão Ativado de Caroço de Pêssego. **Revista Virtual Química**. Vol 11, No. 3, 673-685. 2019.
- SINGH, SK; TANG, WZ. Análise estatística das condições ideais de oxidação de Fenton para o tratamento de lixiviados em aterros sanitários. **Gerenciamento de resíduos**; 33 (1): 81–8. 2013.
- TORRENS, K. Tomada de Decisão de Gerenciamento de Lixiviados e Tecnologias Disponíveis. Na Cimeira Regional da EREF sobre Gestão de Lixiviados, Filadélfia, PA. 2013.
- VALVERDE KC et al. Otimização das condições do processo no tratamento da água através de diagramas de coagulação, utilizando *Moringa oleifera* e sulfato de



alumínio. **Dessalinização e tratamento de água** 56., 1787-1792, doi: 10.1080 / 19443994.2014.960470. 2014.

VILASECA, M; LÓPEZ-GRIMAU, V; GUTIÉRREZ-BOUZÁN, C. Valorização de resíduos obtidos da extração de óleo em sementes de *Moringa oleifera*: coagulação de corantes reativos em efluentes têxteis. **Materiais**, 7, 6569-6584. doi: 10.3390 / ma7096569. 2014.

WEI, N et al. Comportamento de coagulação do cloreto de polialumínio: efeitos do pH e dosagem de coagulante. **Revista Chinesa de Engenharia Química** 23, 1041-1046. doi: 10.1016 / j.cjche.2015.02.003. 2015.

WOLFF, D et al. Insights sobre a variabilidade da composição da comunidade microbiana e degradação de micropoluentes em diversos sistemas biológicos de tratamento de águas residuais. *Resista Water*; 143: 313–324. 2018.

YARAHMADI, M et al. Aplicação de sementes de *Moringa oleifera* extraídas e cloreto de polialumínio no tratamento da água. **Revista Mundial de Ciências Aplicadas** 7, 962-967. 2009.

ZHANG, J et al. Avaliando os efeitos do carvão ativado na geração de metano e o destino de genes resistentes a antibióticos e integrons de classe I durante a digestão anaeróbica de resíduos orgânicos sólidos. *Bioresour. Technol*; 249 : 729-736. 2018.

## Mundo Tecnológico

### Apresentação

A revista Mundo Tecnológico publica trabalhos técnicos culturais, científicos e/ou acadêmicos, nas áreas ligadas aos cursos oferecidos de graduação, desde que atenda aos objetivos da Instituição. Admite-se, de preferência, autor pertencente à Faculdade, sem limitar, contudo, as contribuições e intercâmbios externos, julgados pelo Conselho Editorial, de valor para a Revista e, sobretudo, para a sociedade brasileira.

### Normas de Publicação

Os originais entregues para publicação deverão ser assinados pelo autor e seguir as seguintes normas:

#### 1 Texto

- 1.1 Os trabalhos devem ser inéditos e submetidos ao Conselho Editorial, para a avaliação e revista de pelo menos, dois de seus membros, cabendo-lhe o direito de publicá-lo ou não;
- 1.2 O texto deve ser apresentado em formato A4 (210x297mm);
- 1.3 Os trabalhos e artigos não devem ultrapassar o total de vinte laudas, em espaçamento normal; resumos de dissertação e monografia, duas laudas e resenhas e/ou relatos, não devem ultrapassar quatro laudas;
- 1.4 O texto deve ser entregue em CD e impresso, sendo composto no editor de texto Word for Windows, com fonte Time New Roman 12;
- 1.5 O trabalho deve apresentar obrigatoriamente:
  - Título;
  - Nome(s) do(s) autor(es)
  - Breve currículo do(s) autor(es), enfocando as atividades mais condizentes com o tema trabalhado;
  - Introdução;
  - Corpo do trabalho;
  - Resultado e/ou conclusões;
  - Referências bibliográficas.

#### 2 Referências Bibliográficas

As referências bibliográficas deverão ser listadas imediatamente após texto, em ordem alfabética, obedecendo Normas Técnicas.

#### 3 Citações

Qualquer citação no texto deverá ter obrigatoriamente identificação completa da fonte, acrescida da (s) página (s) de onde foi retirada a citação.

#### Pede-se aos autores

- Seguir rigorosamente o Manual de Normas Técnicas da Multivix, que se encontra a disposição de todos na Biblioteca e na intranet do site da Instituição;
- Linguagem condizente como produção científica, evitando abreviações, jargões e neologismos desnecessários;
- Objetividade quanto à construção do título do artigo;
- Apresentação do significado de cada sigla que conta do texto na primeira vez em que ocorre.

#### Considerações Finais

Os artigos são de inteira responsabilidade de seus autores e o Conselho de Editoração não se responsabilizará pelas opiniões expressadas nos artigos assinados.