

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA – ICET

RUANA DOS SANTOS SCHULTZ

Produção de biomassa a partir da casca de banana pacovan (*Musa* ssp.) para  
tratamento de água de poço tubular

ITACOATIARA – AM  
2023

RUANA DOS SANTOS SCHULTZ

Produção de biomassa a partir da casca de banana pacovan (*Musa ssp.*) para  
tratamento de água de poço tubular

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de  
Ciências Exatas E Tecnologia vinculado à Universidade  
Federal do Amazonas como parte dos requisitos necessários  
para a conclusão do curso de Química Industrial.

ORIENTADOR (A): PROF. DRA. MARGARIDA CARMO DE SOUZA

ITACOATIARA – AM  
2023

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S387p Schultz, Ruana dos Santos  
Produção de biomassa a partir da casca de banana pacovan  
(Musa ssp.) para tratamento de água de poço tubular. / Ruana dos  
Santos Schultz . 2023  
48 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Margarida Carmo de Souza  
TCC de Graduação (Química Industrial) - Universidade Federal  
do Amazonas.

1. Biossorção. 2. Azul de metileno. 3. Casca de banana. 4.  
Parâmetros físico-químicos e microbiológicos. . I. Souza, Margarida  
Carmo de. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

## AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus por ter me dado força, inspiração, saúde e por me guiar em minha caminhada. Por ter me dado discernimento e sabedoria para superar as dificuldades ao longo desses anos.

A meus pais Helen Nara Schultz e Marcelo Schultz, pelo apoio contínuo e confiança. Por serem meus exemplos de luta e perseverança, por me incentivarem nos dias em que não confiava em mim mesma e aos meus irmãos pelo auxílio e suporte. Toda a minha família que sempre me apoiou e nunca deixaram de acreditar no meu potencial, muito obrigada, não teria conseguido sem vocês.

Aos meus companheiros de faculdade, que dividiram momentos alegres e tristes e ajudaram a tornar essa jornada ainda mais especial a Carlyne Rodrigues, José Reis, Paloma Lima, Thais Soriano e Viviane Farias por terem me auxiliado quando tive dificuldades e me proporcionarem momentos de absoluta alegria. Juntamente a minha companheira de pesquisa Lueny Ribeiro por me ajudar nas coletas e nos dias longos de laboratório. Aos meus amigos que acompanharam toda minha trajetória e continuam ao meu lado, Jéssica Schlesner, Nathalia Azevedo e Wendell Felipe juntamente com sua família.

Agradeço ao meu namorado Kleyson Maciel pelo, apoio, amor, compreensão, companheirismo, motivação e todos os momentos de risadas de choro e crises que estive ao meu lado dias após dias, e por ser paciente o tempo todo.

À minha orientadora professora Dra. Margarida Carmo de Souza, pela orientação e apoio e incentivo durante a pesquisa, por não medir esforços para que a pesquisa acontecesse mesmo com os obstáculos. Obrigada por me proporcionar conhecimentos que vão além dos laboratórios.

E a todos professores que passaram por mim durante essa caminhada, obrigada por todos os ensinamentos, conversas e conselhos.

Por fim, sou grata a todos que de alguma forma, direta e indiretamente, participaram nessa caminhada acadêmica.

## RESUMO

A preocupação com a qualidade da água deve ir além das águas superficiais, a qualidade das águas subterrâneas deve ser amplamente discutida, uma vez que existe populações que utilizam este recurso como única fonte de abastecimento. Diante disso, a água pode vir a sofrer contaminações, o que interfere de maneira negativa na qualidade de água. Um método alternativo que pode ser empregado para a remoção de contaminantes da água é a biossorção, que apresenta características como eficiência, tratamento sustentável e baixo custo. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo usar a biomassa da casca de banana (*Musa ssp.*) no tratamento de água de poço tubular, coletada no município de Itacoatiara- AM na comunidade Quilombola Sagrado Coração de Jesus – Lago do Serpa. Para avaliar a adsorção da biomassa, as amostras foram analisadas antes e após tratamento com a biomassa para identificar as alterações nas concentrações dos analitos investigados. A casca da banana passou pelo pré tratamento através de água destilada para o despulpamento, seguida para secagem em estufa obtido um material seco a qual triturada em liquidificador e peneirado em peneiras granulométricas latão inox, 250µm de 32mesh. Realizando um tratamento térmico na amostra, para identificar o potencial de adsorção e utilizou-se biomassa (0,1, 0,25, 0,5 e 1,0g) em 10mL para solução do corante azul de metileno em concentrações (10, 25, 50 e 100 mg.L<sup>-1</sup>) avaliando em tempos distintos. Realizando a leitura de adsorção das soluções, no comprimento de onda de 645nm, utilizando espectrofotômetro UV-Vis. Para os parâmetros físico-químicos (pH, condutividade elétrica, temperatura, turbidez, salinidade, sólidos suspensos, sólidos suspensos totais, cor aparente, cor real, nitrito, nitrato, amônia e fosfato), e microbiológicos (coliformes e *Escherichia coli*). Os dados obtidos demonstraram que a biomassa apresenta capacidade adsorptiva quando se usou o corante azul de metileno como adsorbato. Em solução observou-se que a biomassa libera saponinas e taninos, conferindo uma coloração amarela à amostra. Os dados dos parâmetros físico-químicos foram comparados com aqueles apresentados na Portaria N° 888/21 que regulamenta os padrões de potabilidade. Dentre os parâmetros físico-químicos analisados, para a água tratada, os que não atenderam a legislação foram amônia, nitrito e cor aparente. Os resultados das análises evidenciaram a presença de coliformes e *E.coli*. para a amostra bruta. De acordo com os resultados obtidos, tanto a água bruta quanto a água tratada estão impróprias para consumo humano.

**Palavras chave:** Biossorção; azul de metileno; casca de banana; parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

## SUMMARY

The concern with water quality must go beyond surface water, the quality of groundwater must be widely discussed, since there are populations that use this resource as the only source of supply. In view of this, the water may suffer contamination, which negatively interferes with the water quality. An alternative method that can be used to remove contaminants from water is biosorption, which has characteristics such as efficiency, sustainable treatment and low cost. In this context, the present work aims to use the banana peel biomass (*Musa ssp.*) in the treatment of water from a tubular well, collected in the municipality of Itacoatiara-AM in the Quilombola community Sagrado Coração de Jesus - Lago do Serpa. To evaluate the adsorption of the biomass, the samples were analyzed before and after treatment with the biomass to identify changes in the concentrations of the investigated analytes. The banana peel underwent pre-treatment with distilled water for pulping, followed by drying in an oven, obtaining a dry material which was crushed in a blender and sieved through granulometric stainless steel sieves, 250 $\mu$ m of 32mesh. Performing a thermal treatment on the sample, to identify the adsorption potential and biomass (0.1, 0.25, 0.5 and 1.0g) was used in 10mL for the methylene blue dye solution in concentrations (10, 25 , 50 and 100 mg.L<sup>-1</sup>) evaluating at different times. Performing the adsorption reading of the solutions, at a wavelength of 645nm, using a UV-Vis spectrophotometer. For physical-chemical parameters (pH, electrical conductivity, temperature, turbidity, salinity, suspended solids, total suspended solids, apparent color, real color, nitrite, nitrate, ammonia and phosphate), and microbiological parameters (coliforms and *Escherichia coli*). The obtained data demonstrated that the biomass presents adsorptive capacity when methylene blue dye was used as adsorbate. In solution, it was observed that the biomass releases saponins and tannins, giving a yellow color to the sample. The data of the physical-chemical parameters were compared with those presented in Ordinance No. 888/21 which regulates potability standards. Among the physical-chemical parameters analyzed for treated water, those that did not meet the legislation were ammonia, nitrite and apparent color. The results of the analyzes showed the presence of coliforms and *E.coli*. for the raw sample. According to the results obtained, both the raw water and the treated water are unfit for human consumption.

**Keywords:** Biosorption; methylene blue; banana peel; physical-chemical and microbiological parameters.

### **Lista de Tabelas**

Tabela 1: Doenças por água contaminadas.....	11
Tabela 2: As principais atividades poluidoras da água subterrânea .....	12
Tabela 3: Concentrações, massas e tempos utilizados nos testes de adsorção .....	21
Tabela 4: Características físico-química da água bruta e tratada .....	32
Tabela 5: Resultados dos parâmetros microbiológicos e VMPs segundo a Portaria Nº 888/21 .....	36

## Lista de Figuras

Figura 1: Amostra seca .....	19
Figura 2: Amostra após da trituração .....	19
Figura 3: Biomassa da casca da banana.....	20
Figura 4: Processo de tratamento da água bruta com a biomassa .....	20
Figura 5: Espectrofotômetro UV/VIS.....	21
Figura 6: Área de coleta.....	22
Figura 7: Medidor multiparâmetro. ....	23
Figura 8: Turbidímetro .....	23
Figura 9: Fotômetro.....	24
Figura 10: Bomba a vácuo.....	25
Figura 11: Câmara incubadora .....	26
Figura 12: Câmara escura .....	26
Figura 13: Adsorção do AM pela biomassa em diferentes concentrações e intervalos de tempo (A) 10mg.L <sup>-1</sup> do AM com 0,1; 0,25; 0,5g de biomassa (B) 25 mg.L <sup>-1</sup> do AM com 0,1; 0,25 e 0,5g de biomassa (C) 50 mg.L <sup>-1</sup> do AM com 0,1; 0,25 e 0,5g de biomassa (D)100 mg.L <sup>-1</sup> do AM com 0,1; 0,25 e 0,5g de biomassa. ....	27
Figura 14: Espectros eletrônicos de adsorção na região do UV-VIS (A) Concentração 10mg.L <sup>-1</sup> do AM com 0,1; 0,5 e 0,25g de biomassa (B) Concentração 25 ..... mg.L <sup>-1</sup> do AM com 0,1; 0,25 e 0,5g de biomassa (C) Concentração 50 mg.L <sup>-1</sup> do AM com 0,1; 0,5 e 0,25g de biomassa (D) Concentração 100 mg.L <sup>-1</sup> do AM com 0,1; 0,5 e 0,25g de biomassa .....	29
Figura 15: Teste de saponinas e taninos. ....	31
Figura 16: Água bruta e água tratada com biomassa da casca de banana pacovan.....	32
Figura 17: Presença de Coliformes..... .....	37
Figura 18: Presença de E.Coli .....	37



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	9
2.1. CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS .....	9
2.2. ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	11
2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁGUA.....	13
2.3.1. Cor.....	13
2.3.2. Turbidez .....	13
2.3.3. Temperatura.....	13
2.3.4. Sólidos totais dissolvidos.....	14
2.3.5. Condutividade Elétrica .....	14
2.4. CARACTERÍSTICAS QUÍMICA E FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA.....	14
2.4.1. Potencial hidrogeniônico (pH).....	14
2.4.2. Salinidade .....	14
2.4.3. Nitrato, nitrido e amônia.....	15
2.4.4. Fosfato.....	15
2.5. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS.....	16
2.5.1. Coliformes totais e Escherichia coli (E. coli).....	16
2.7. BANANA PACOVAN.....	17
3. OBJETIVOS .....	18
3.1. Objetivo geral.....	18
3.2. Objetivos específicos.....	18
4. METODOLOGIA.....	18
4.1. COLETA DAS CASCAS E PREPARAÇÃO DE BIOMASSA .....	18
4.2. ANÁLISE DA ADSORÇÃO POR ESPECTROSCOPIA UV-VIS.....	21
4.3. LOCAL DE COLETA DA ÁGUA.....	21
4.4. MÉTODOS UTILIZADOS .....	22
4.4.1. Eletrometria .....	22
4.4.2. Turbidimetria.....	23
4.4.3. Fotometria .....	24
4.4.4. Gravimétrico.....	24
4.5. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA .....	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
5.1. ADSORÇÃO DO AZUL DE METILENO PELA BIOMASSA. ....	26
5.2. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	31
5.3. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	36

6. CONCLUSÃO.....	37
7. REFERÊNCIAS .....	38

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso fundamental e imprescindível para a vida terrestre e atualmente se tem o conhecimento da finitude deste recurso, apesar de renovável, sua disponibilidade está comprometida, não quanto à quantidade disponível no planeta terra, mas pela qualidade quanto sua potabilidade (COSTA et al., 2019).

A água potável é aquela que se consumida, não oferece risco à saúde do ser humano a Portaria MS nº 888, de 4 de maio de 202, e dispor de água potável é um direito de todas as pessoas independente de nacionalidade, religião ou etnia, além disso, sua qualidade afeta a saúde humana de forma direta, podendo acarretar adversidades no desenvolvimento econômico e pode comprometer a saúde dos consumidores (LI; WU, 2019; BRASIL, 2021; SANTOS; VASCONCELOS; SANTOS, 2019).

Sendo um recurso presente no cotidiano, o ser humano depende da água para ocorrências simples como cozinhar, beber, se lavar (BOTTON, 2021; CHAPLIN, 2020). Considerando as deficiências do sistema de saneamento básico brasileiro, o acesso igualitário de água potável para a realização de atividades comuns do dia a dia vem sendo uma problemática de saúde pública bastante discutida, pois além de implicações morais, fragiliza a população menos abastada e dificulta a construção de uma sociedade mais justa (ROSANELI, 2022).

No Brasil, a população é abastecida tanto por águas subterrâneas quanto por águas superficiais. O Estado do Amazonas apesar de ser uma região com grande disponibilidade hídrica superficial enfrenta problemas de abastecimento relacionados à precariedade das infraestruturas das cidades, fazendo-se necessário sistemas mais simples que possam facilitar o abastecimento de água potável (ANA, 2010).

Nesse sentido, uma vez que as águas subterrâneas constituem a principal reserva disponível para o consumo humano, e o Estado do Amazonas possui o maior aquífero do planeta, o Aquífero Grande Amazonas, os municípios dessa região são abastecidos principalmente por este recurso. Além desse elevado potencial hídrico existente, há a simplicidade operacional da captação e abastecimento através de poços (ANA, 2010; VILLAR; GRANZIERA, 2020).

Embora haja abundância de água subterrânea na região, as populações que não moram na zona urbana não têm acesso a rede pública de abastecimento de água (MELO, 2019), assim, perfuraram poços sem o devido conhecimento do dimensionamento adequado, o que pode facilitar a contaminação hídrica. Por outro lado, mesmo que a perfuração dos poços na zona

urbana para abastecimento público seja feita de maneira correta, essa fonte de água pode sofrer severos impactos da urbanização, destacando-se contaminações através da disposição inadequada de lixo e esgoto próximo aos poços, que com a precipitação da água da chuva pode ocorrer infiltrações na tampa e pelo solo, o que interfere na qualidade da água para consumo humano (GROTT *et al.*, 2018; CAVALLINI; DA SILVA ARAUJO; LIMA, 2018).

Diante dessa problemática, um método que pode ser utilizado para a remoção de contaminantes da água de poço é a adsorção (DA SILVEIRA *et al.*, 2021). A adsorção é um processo físico ou químico que envolve um fluido e uma fase sólida que age como adsorvente. Na fase fluida, estão presentes espécies orgânicas ou inorgânicas chamados de adsorbato que são transferidos da fase líquida para a superfície do adsorvente, removendo-os da solução (DOTTO; MCKAY, 2020).

Resíduos orgânicos que vem se mostrando promissores como biossorvente. Tendo em vista que a casca de banana é um bioresíduo que apresenta alto teor de carbono, é constituído por hemicelulose, celulose, pectina em sua biomassa, e essas espécies contém grupos carboxila, hidroxila e amina que são importantes para ligação ao adsorbato, (SINGH; PARVEEN; GUPTA, 2018), sugere-se que esse resíduo apresenta capacidade adsorvente e portanto pode ser útil para tratamento de água (SILVA FILHO *et al.* 2019), na descontaminação de água poluída por metais potencialmente tóxicos, corantes e até produtos farmacêuticos (AKPOMIE; CONRADIE, 2020).

Neste contexto, o presente projeto visa utilizar biomassa da casca da banana como adsorvente, por ser uma das principais frutas consumida em grande quantidade na região, havendo abundância de resíduo doméstico em relação à sua casca (DE SOUZA; DOS SANTOS; DE SOUSA, 2021).

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS**

A água é um elemento físico na natureza indispensável à vida humana e animal. Está presente em cerca de 75% do nosso corpo, constituindo nossas células, tecidos e processos fisiológicos no organismo (BRASIL, 2021). É o solvente universal, transportando gases, elementos e substâncias, e compostos orgânicos dissolvidos que são à base da vida no planeta (TUNDISI, 2016).

O planeta Terra tem apenas 1% de água para consumo humano, restando 97% de água salgada e 2% nas geleiras. Mesmo com essa escassez, no Brasil ocorre desperdício de água nos sistemas de abastecimento, que se dá majoritariamente por canalização interna (93,3%), onde uma quantidade muito elevada de água se perde por conta de vazamentos, problemas gerais nas tubulações e sistemas de fornecimento, sendo essa situação preocupante, pois corresponde a 38,8% de toda água tratada (DE SIQUEIRA, 2021).

Por outro lado, a Amazônia é renomada por sua grande disponibilidade de rios e lagos, que faz dessa região a maior do mundo em termos hídricos. Porém, mesmo com toda essa abundância de águas em sua superfície, as populações que habitam áreas de várzea sofrem com os ciclos das águas, que sobem e descem, inundam e secam, abundam e escasseiam, alcançando picos de cheias e secas a dez metros, inviabilizando sua utilização, seja pela insuficiência ou por condições impróprias para o consumo (DE AZEVEDO, 2006; MOURA, 2007).

Segundo Fraxe (2011) as populações ribeirinhas do Amazonas são descendentes de povos indígenas mesclados com nordestinos e outros migrantes que vivem às margens dos rios e lagos. Suas comunidades são compostas por agrupamentos de indivíduos, geralmente com laços familiares, onde compartilham seus costumes, hábitos alimentares e culturais, como uso de sobrevivência de pesca, raça, agricultura de subsistência e produção de farinhas (GAMA, 2018). Além disso, as comunidades são carentes de recursos básicos, como saneamento e eletricidade, e são dependentes das áreas urbanas para aquisição de bens de consumo e saúde (GUIMARÃES, 2020).

Os problemas de saúde estão diretamente ligados à qualidade de água, pois é também fonte vital para outros tipos de organismos, como bactérias, vírus, protozoários que são causadores de inúmeras doenças. Com a falta de sistema de saneamento básico, os moradores da zona rural usam a água não tratada, podendo levar à propagação de doenças causadas pelo consumo de águas contaminadas. Algumas dessas doenças são apresentadas na Tabela 1 (OLIVEIRA, 2014; DOS SANTOS, 2020).

**Tabela 1:** Doenças por água contaminadas

DOENÇA	TRANSMISSÃO	PREVENÇÃO
Feco-orais: Amebíase, Cólera, Hepatite A e Leptospirose e Esquistossomose	Ingestão do organismo patogênico pela água ou alimentos contaminados.	Implementar sistema de abastecimento e tratamento de água para o abastecimento; fornecimento de água com qualidade e em quantidade suficiente para a higiene pessoal, domésticas e dos alimentos; proteção das fontes hídricas contra possíveis contaminantes.
Infecções na pele e nos olhos: Escabiose, Pediculose (piolho), Tracoma, Salmonelose, Ancilostimíase e scaridíase	Falta de água para limpeza e correta higienização.	Evitar o contato com água contaminada; descarte adequado de esgoto.
Bactérias, vírus e parasitas: <i>Shigella</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Rotavírus</i> , <i>Poliovírus</i> , <i>Ameba</i> , <i>Giárdia</i> e <i>Cyclospora</i>	Específicos para cada agente etiológico. Algumas possuem alto potencial de disseminação, com transmissão.	Fornecimento de água em quantidade adequada com encanamento do domicílio, instalar reservatório adequados de água com limpeza periódica.

Fonte: Adaptado de Oliveira (2014).

## 2.2. ÁGUA SUBTERRÂNEA

De acordo com Natal e Nascimento (2004) Encontra-se dois recursos de água disponíveis para o homem fazer uso para o seu abastecimento e consumo, podendo ser da superfície terrestre (superficiais) ou do subsolo (subterrânea). É de conhecimento popular que água subterrânea já era utilizada por ancestrais através da perfuração de poços profundos. De acordo com FERREIRA (2021) a água subterrânea é um importante recurso natural que serve como fonte confiável de água potável para muitos humanos em todo o mundo. Muitas vezes,

essa água não necessita de tratamento para o seu consumo, devido ao processo de filtragem natural do subsolo (ADRIANO, 2022). Na região norte se encontra 70% dos recursos hídricos do Brasil, concedendo uma percepção de abundância (DE AZEVEDO, 2006).

A população que vive em áreas rurais necessita de abastecimento de água para sobreviver, tanto para uso pessoal, quanto na agricultura e pecuária. Então utiliza-se águas subterrâneas através de poços artesianos, e em sua maioria esse recurso é a única fonte de água (DE SIQUEIRA; LIMA; DOS SANTOS, 2022).

Um poço artesiano quando perfurado seguindo as técnicas de segurança oferecerá um aproveitamento total de sua água subterrânea, onde sucedem vantagens práticas e econômicas, como: abastecimento constante independente das redes gerais, sem cortes temporários e baixo custo (BRITO, 2019).

A captação de águas subterrâneas é realizada perfurando-se o solo até que se atinja a coluna d'água nos subsolos, denominado lençol freático. Os riscos de contaminações de águas subterrâneas são decorrentes de má escolha de local para a implantação do poço, ou perfurações inadequadas, sem embasamento técnico, desconhecimento de medidas sanitárias dos poços, contaminações sobre os mananciais ou contaminação pelo escoamento de águas superficiais. Na Tabela 2, são mostradas as principais atividades poluidoras da água subterrânea (MENEZES *et al.*, 2021; PEREIRA *et al.*, 2019).

**Tabela 2:** As principais atividades poluidoras da água subterrânea

Sistema Séptico	Trata-se da distribuição superficial de água e esgotos residuais como unidade de tratamento primário.
Disposição de Resíduos	Trata-se da disposição (destruição) final de resíduos de forma inadequada, representando uma série de ameaças às águas subterrâneas. Nesse processo, contaminantes como o chorume pode escoar, atingindo os aquíferos, onde ocorre a formação de uma pluma de contaminação capaz de atingir quilometro de profundidade.
Tanques de Armazenamento	Armazenamento de combustível e produtos químicos em reservatórios
Atividade Agrícola	O uso desenfreado de pesticidas, fertilizantes, herbicidas e resíduos animais.

Fonte: Adaptada de Brito (2019).

Águas poluídas são impróprias para consumo, sendo necessário tratá-las para torná-las potável e aptas para o consumo humano. O tratamento é realizado para diversos fins

sanitários, como a remoção do excesso de impurezas, bactérias, protozoários, vírus e outros microrganismos prejudiciais à saúde, como substâncias tóxicas ou nocivas (SILVA, 2022). No tratamento deve-se acompanhar as características físicas, químicas e biológicas através de técnicas capazes de quantificar a presença ou ausência de determinados contaminantes (ADRIANO, 2022).

Nesse contexto, a legislação brasileira define os requisitos necessários para determinar a qualidade da água. Os parâmetros de potabilidade são regulamentados por normas e portarias do Ministério da Saúde, sendo a Portaria N° 888 de 04 de maio de 2021, que estabelece os procedimentos de controle de vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2021).

### 2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁGUA

#### 2.3.1. Cor

A cor da água é proveniente da matéria orgânica como, substâncias húmicas e metais. Costuma-se definir cor aparente e a cor verdadeira. A verdadeira se refere à determinação de cor em amostras sem turbidez, por exemplo após filtração ou centrifugação. Já a cor aparente se refere à determinação de cor em amostras com turbidez, isto é, com a presença de material coloidal ou em suspensão (ESTEVAM; SILVA; SILVA, 2019).

#### 2.3.2. Turbidez

A variável turbidez refere-se à passagem de um feixe de luz, é considerada uma variável de configuração estética, em geral não apresenta riscos à saúde humana. É ocasionada pela presença de partículas suspensas na água. Essa medição é feita com o turbidímetro ou nefelômetro, que compara o espalhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra, com o de um feixe de igual intensidade, ao passar por uma suspensão padrão (HOFSTATTER, 2021).

#### 2.3.3. Temperatura

Pode ser definida como levantamento quantitativo que relaciona a quantidade de calor diretamente ligada à radiação solar e o aquecimento das águas. Tem o papel mais importante na vida aquática, pois atua como regulador de espécies aquáticas, com variação normalmente



entre 0 °C e 30 °C e que são influenciadas pelas estações do ano e também pelas condições de latitude e altitude (HOFSTATTER,2021).

#### 2.3.4. Sólidos totais dissolvidos

De acordo com Estevam e Colaboradores (2019) é a medida de todas as substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas em um dado líquido, revelando a proporção de diferentes sólidos, existindo uma variedade de usos, podendo mostrar se água está pura ou poluída. Consideram-se que todas as substâncias que não ficaram retidas na filtração e permaneceram após total secagem em determinado volume de amostra.

#### 2.3.5. Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica depende da qualidade de sais dissolvidos na água e é aproximadamente proporcional à sua quantidade. Sua determinação permite obter uma estimativa rápida do conteúdo de sólidos de uma amostra (PALUDO, 2014). Os compostos orgânicos e inorgânicos nela contida contribuem ou interferem nessa condutividade, de acordo com sua concentração na amostra, e está intimamente ligada ou dependente de outras variáveis, tais como pH e temperatura (ESTEVAM; SILVA; SILVA, 2019).

### 2.4. CARACTERÍSTICAS QUÍMICA E FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA.

#### 2.4.1. Potencial hidrogeniônico (pH)

O termo pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução, o qual pode ser determinado através de aparelhos denominados de potenciômetros (PALUDO, 2014). Esse parâmetro influencia na solubilidade de substâncias e no desenvolvimento de organismos. Pode ser alterado de forma natural devido a dissolução de rochas e fotossíntese ou pela adição de resíduos domésticos ou industriais (BRASIL, 2021).

#### 2.4.2. Salinidade

É medida por meio da condutividade elétrica e pode ser entendida com a quantidade de sais dissolvidos que são encontrados numa amostra de água. Os estudos sobre a salinidade

dos rios contribuem para a tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos, de forma a contribuir para a proteção da população e a conservação do ecossistema. A excessiva quantidade de sais pode tornar a água inútil para o consumo e fins comerciais como indústria, agricultura e pecuária, sendo o custo de dessalinização ainda muito alto (CUNHA, 2019).

#### 2.4.3. Nitrato, nitrito e amônia

Os íons nitratos e nitritos são substâncias químicas derivadas do nitrogênio e são encontrados de forma natural na água e no solo em baixas concentrações. A deposição de matéria orgânica no solo, como acontece quando se utiliza fossas e sumidouros, aumenta drasticamente a quantidade de nitrogênio, logo é transformado em substância inorgânica denominada nitrato que possui grande mobilidade no solo alcançado o manancial subterrâneo se depositando. Em maior concentração, o nitrato está associado à doença da metahemoglobinemia ou síndrome do bebê azul, que dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea de bebês podendo levar a asfixia (BRAGA, 2017).

A amônia está naturalmente presente nos corpos de água como produto de degradação de compostos inorgânicos e orgânicos redução do  $N_2$  por meio de bactérias e trocas gasosas com a atmosfera. Quando a amônia se dissolve em água reage com a mesma formando hidróxido de amônio (POHLING, 2009). Essa substância pode ser encontrada em águas superficiais ou subterrâneas, põem em baixas concentrações em razão da adsorção por partícula do solo ou devido à oxidação a nitrito e nitrato. Desse modo, altas concentrações podem ser indicativas de fontes de poluição próximas, construções precárias de poços, redução de nitrato por bactérias ou por íons ferrosos presentes no solo (CABRAL, 2020).

#### 2.4.4. Fosfato

De acordo com Monteiro (2018) fosfato é muito importante para o desenvolvimento dos processos biológicos na água, armazenando energia e atuando na estruturação celular. Sua ocorrência em águas naturais se dá na forma de fosfatos e o aporte nos corpos d'água desta substância pode ocorrer por detergentes superfosfatados e dejetos fecais presentes nos esgotos domésticos; além de efluentes industriais, de fábrica de fertilizantes, por exemplos, e é favorecida pela presença de  $CO_2$  (Dióxido de Carbono) e limitada pela ocorrência de  $Ca^{2+}$  (Cálcio) na água. Além disso, apresenta facilidade para formar compostos com diversos íons e complexos com minerais de argila.

## 2.5. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS.

### 2.5.1. Coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*)

Os coliformes são encontrados em sua maioria em animais de sangue quente, com exceção de algumas espécies de vida livre, no solo e tem sua maior disseminação na água. Os coliformes não são patogênicos, mas indicam a probabilidade da presença de organismos patogênicos e tem ocasionado grande atenção às saúdes públicas.

Por outro lado, o indicador patogênico de origem fecal mais relevante é a *Escherichia coli*, caracterizada como termotolerante e desprovida de vida livre no ambiente (SANTOS; VASCONCELOS; SANTOS, 2019). Distingue-se dos demais termotolerantes, pois tem a capacidade de produzir a enzima  $\beta$ -glucorinidase. A presença de *E. coli* ou de coliformes termotolerantes, é a comprovação de contaminação fecal recente. Dessa maneira, a presença de organismos patogênicos na água, torna-a um mecanismo de propagação de doenças de veiculação hídrica (VON SPERLING, 2014).

## 2.6. PROCESSO DE ADSORÇÃO

Os processos de adsorção são considerados uma ótima escolha quando comparados a outros métodos de remoção de contaminantes de água devido à sua conveniência, facilidade e simplicidade de operação, além de ser economicamente viável e ter como produto uma água de alta qualidade, com concentrações baixas de poluentes (CRINI *et al.*, 2019).

Para que o processo de adsorção possa ser utilizado para o tratamento de água, diversos fatores devem ser levados em consideração, como: utilizar material de baixo custo, facilidade de implementação, o material deverá apresentar alta disponibilidade na região, alta capacidade de adsorção e ser possível recuperar o adsorvente e/ou adsorbato (DOTTO; MCKAY, 2020).

Um dos adsorventes mais empregados na literatura é o carvão ativado por apresentar elevada área interfacial com a fase fluida, porém, uso extensivo é limitado devido ao elevado custo de produção, de modo que surgiram várias pesquisas sobre opções viáveis e econômicas (ALMEIDA; DOS SANTOS, 2020; NGUYEN; LE; PHUNG, 2020).

Nesse contexto, cada vez mais estudos desenvolvem novos materiais adsorventes de baixo custo e eficazes no processo de remoção de contaminantes da água (TOCHETTO *et al.*, 2021). Uma alternativa é a utilização de resíduos biodegradáveis como material adsorvente,

como é o caso da biomassa, dominada de bioissorção (DA SILVA *et al.*, 2014). Essa vem sendo bastante explorada por ser sustentável, apresentar baixo custo, ter alta disponibilidade, promovendo o aproveitamento de diversos materiais que são descartados no meio ambiente (ANASTOPOULOS, I. *et al.*, 2021).

Alguns materiais bioissorventes como resíduos de chá, casca de avelã, cinzas de arroz, folhas de abacaxi, resíduos de frutas demonstraram eficiência como adsorvente (YEOW; WONG; HADIBARATA, 2021). Além da bioissorção se mostrar um tratamento alternativo em comparação com as outras tecnologias tradicionais, minimizando a concentração de diferentes poluentes para os limites aceitáveis das regulamentações vigentes, é uma técnica ecologicamente correta, eficiente e econômica (ELGARAHY *et al.*, 2021). Assim, a bioissorção surge como método alternativo, economicamente viável e ambientalmente aceitável, pois utiliza biomassa vegetal na remoção de contaminantes presentes na água (DA SILVA; MELO; TONHOLO, 2021).

Além disso, um dos fatores importantes no processo de adsorção é a alta disponibilidade de material adsorvente. Nesse contexto, investigar o potencial de adsorção da biomassa da casca da banana para tratamento de água para consumo humano é de grande relevância, visto que, a banana é considerada a fruta de maior consumo no mundo, possui grande aceitação comercial e é produzida em maior quantidade em países tropicais (VIEIRA, 2021).

## 2.7. BANANA PACOVAN

No Brasil, a cultura da banana ocupa o segundo lugar em volume de frutas produzidas e a terceira posição em área colhida. Entre as frutas consumidas nos domicílios das principais regiões metropolitanas do país. A produção está distribuída por todo o território nacional, 26% da região norte é ocupada com a prática da bananicultura, correspondendo a aproximadamente 92 mil hectares, sendo que o estado do Amazonas perfaz 73% de toda área cultivada. Com isso, efetua importações constantes para atender à crescente demanda pela fruta (GASPAROTTO, 2010).

A casca da banana atua como um adsorvente, onde moléculas aderem-se a uma superfície sólida devido a cargas eletrostáticas, devido a isso, possui capacidades adsorptivas tanto por metais como por compostos orgânicos (BUSKE, 2012). A utilização da casca como adsorvente reduz os impactos ambientais, logo que diminui a massa residual que acaba se transformando em poluente e resíduo devido ao acúmulo e podem ser usadas como um método

alternativo para o tratamento de efluente em água residuárias (SANTANA; DOS SANTOS; DE OLIVEIRA, 2020).

No município de Itacoatiara-AM e ao entorno há um grande consumo de banana pacovan (SAID; CHAVES; DE OLIVEIRA, 2021), desta forma, geram grandes quantidades de cascas. Este biorresíduo apresenta características importantes para um adsorvente eficiente (SINGH, 2018) agregando valor ao referido estudo.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GERAL**

Obtenção da biomassa da casca de banana pacovan (*Musa ssp.*) para tratamento de água para consumo humano.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- i. Produzir biomassa a partir da casca de banana;
- ii. Avaliar a adsorção da biomassa com o corante azul de metileno;
- iii. Avaliar parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água de poço tubular;
- iv. Avaliar parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água de poço tubular após tratamento com a biomassa da casca de banana.

### **4. METODOLOGIA**

#### **4.1. COLETA DAS CASCAS E PREPARAÇÃO DE BIOMASSA**

As cascas de bananas foram coletadas no mês de abril de 2023, obtidas através de doações de cafeterias e comerciantes informais do município de Itacoatiara-AM.

Na preparação da biomassa utilizou-se cascas da banana pacovan (*Musa ssp.*) que apresentavam menor estado de deterioração, após a seleção as cascas foram pesadas. Em seguida as cascas passaram pelo pré tratamento, que inclui a lavagem com água corrente em triplicada, a fim de eliminar sujidades presentes na superfície.

Para o despolpamento as cascas ficaram de molho em água destilada, durante 30 minutos e com auxílio de uma espátula retirou-se o excesso da polpa. Esse procedimento foi realizado em duplicada.

Em seguida foi realizada a secagem em estufa (Microprocessada para secagem, Digital time 200, da marca SPLabor) à 40°C, durante 24 horas. As cascas foram dispostas sobre papel alumínio, uma ao lado da outra, de modo que não ficassem sobrepostas.

O material obtido seco (Figura 1) foi triturado em liquidificador e peneirado com peneiras granulométricas latão inox, 250µm de 32mesh, com auxílio de agitador de peneira (AG-SS da marca ACS-Golo) durante 15 minutos, esse processo foi realizado em triplicada. O material com diâmetro maior que 32mesh foi reservado para o uso (Figura 2).

**Figura 1:** Amostra seca



Fonte: Autora (2023).

**Figura 2:** Amostra após da trituração



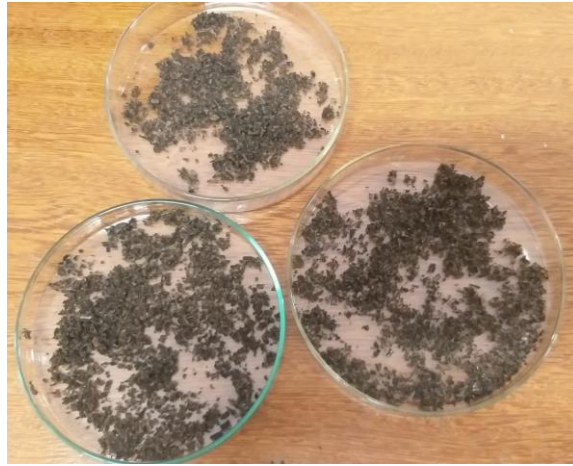
Fonte: Autora (2023).

Realizou-se um tratamento térmico na amostra, pesou-se 15g da biomassa da casca de banana que foi transferida para um béquer de 600mL onde adicionou-se 400mL de água

destilada, levando para chapa aquecedora à 50°C e sob agitação de um agitador mecânico em 600rpm, durante 25 minutos, esse processo repetiu-se por 4 vezes.

Após o tratamento término a biomassa foi espalhada uniformemente na superfície de placas de petri e levadas a estufa (microprocessada para secagem, Digital timer 200, da marca SPLabor) sob temperatura de 40°C durante 24 horas. Logo, a secagem completa a amostra foi armazenada para o uso (Figura 3).

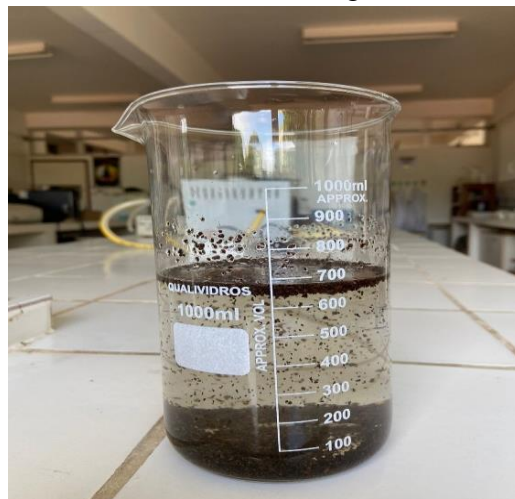
**Figura 3:** Biomassa da casca da banana



Fonte: Autora (2023).

No tratamento da água, adicionou-se 7g da biomassa em 700 mL da água bruta. A mistura foi deixada em repouso por 1 hora (Figura 4). Em seguida filtrou-se para separação dos sólidos e utilizou-se o filtrado (água tratada) nas análises dos parâmetros físico-químicos.

**Figura 4:** Processo de tratamento da água bruta com a biomassa



Fonte: Autora (2023).

#### 4.2. ANÁLISE DA ADSORÇÃO POR ESPECTROSCOPIA UV-VIS

Para identificar o potencial de adsorção da biomassa da casca de banana pacovan, adicionou-se a biomassa (0,1, 0,25, 0,5 e 1,0g) em 10 mL de solução do corante azul de metileno (AM) em diferentes concentrações (10, 25, 50 e 100 mg.L<sup>-1</sup>) e avaliou-se a adsorção em tempos distintos (Tabela 3).

**Tabela3:** Concentrações, massas e tempos utilizados nos testes de adsorção

CONCENTRAÇÃO	MASSAS (g)	TEMPO (h)
10mg/L	0,1, 0,25, 0,5 e 1,0	24, 48, 72 e 96.
25mg/L		
50mg/L		
100 mg/L		

Fonte: Autora,2023.

Após cada intervalo de tempo (24, 48, 72 e 96h), realizou-se as medidas de absorção na região do UV-VIS, utilizando espectrofotômetro de varredura UV-Vis, Digital Microprocessador Quimis Q798DRM (Figura 5).

**Figura 5:** Espectrofotômetro UV/VIS.



Fonte: Autora (2023).

#### 4.3. LOCAL DE COLETA DA ÁGUA

A coleta das amostras de água de poço foi realizada no mês de maio de 2023 na Comunidade Ribeirinha Quilombola Sagrado Coração de Jesus, que está situada a oeste do



município de Itacoatiara – AM – 010 em latitudes 3°06'20.0" S e as longitudes 58° 28' 38.4" W (Figura 6). No período da coleta os lagos encontravam-se no período de cheia.

**Figura 6:** Área de coleta.



**Fonte:** Google Earth (2023).

Para a coleta foi utilizada uma garrafa transparente de 2 litros de politereftalato de etileno (PET) previamente lavada, esterilizada e identificada. Logo, após, as amostras foram armazenadas em uma caixa térmica e encaminhada imediatamente para o laboratório de Química do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas.

#### 4.4. MÉTODOS UTILIZADOS

##### 4.4.1. Eletrometria

Os parâmetros como pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (TDS), salinidade e temperatura foram medidas no local da coleta utilizando medidor multiparâmetro COMBO 5, modelo AKSO (Figura 7).

**Figura 7:** Medidor multiparâmetro.



**Fonte:** Autora (2023).

#### 4.4.2. Turbidimetria

A turbidez da amostra foi medida com o turbidímetro digital da marca Akso, modelo TU430 (Figura 8) a temperatura ambiente.

**Figura 8:** Turbidímetro

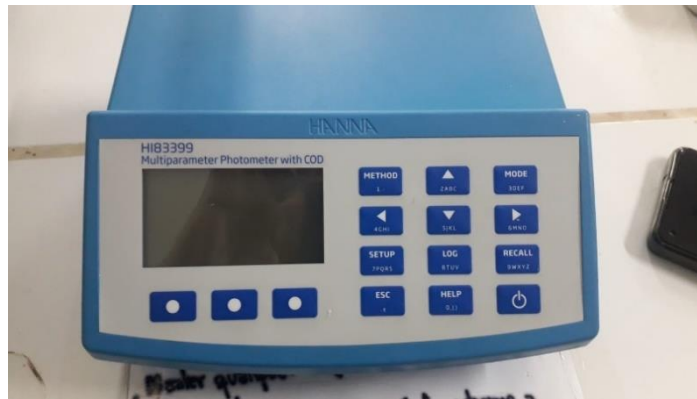


**Fonte:** Autora (2023).

#### 4.4.3. Fotometria

Foi utilizado um fotômetro multiparâmetro com COD da Marca Hanna, Modelo HI833399-02, (Figura 9) para determinar os parâmetros físico-químicos nitrito, nitrato, amônia, cor real e aparente.

**Figura 9:** Fotômetro.



Fonte: Autora (2023).

Na determinação da cor real foi necessário fazer um pré-tratamento da amostra. Filtrou-se 100ml da amostra usando membrana filtrante de acetato de celulose diâmetro de 47mm, poro 0,45 $\mu$ m, não estéril, branca e lisa. A solução filtrada foi medida por fotometria. A membrana contendo os sólidos foi utilizada na determinação dos sólidos suspensos.

#### 4.4.4. Gravimétrico

Para a determinação de sólidos suspensos utilizou-se o método gravimétrico. Os procedimentos utilizados são descritos a seguir:

Inicialmente a membrana de acetato de celulose foi pesada e levada a estufa de secagem e esterilização (modelo SP LABOR) a 120°C por 1 hora. Em seguida foi resfriada em dessecador por 45 min e pesada. O processo foi repetido até obter massa constante da membrana (m1).

Após determinação da massa da membrana, essa foi usada em sistema de filtração a vácuo, utilizando bomba a vácuo SL 60 SOLAB (Figura 10). A membrana contendo os sólidos foi levada novamente a estufa por 1 hora a 120 °C e depois colocada no dessecador por 45 min, realizando em seguida a pesagem, o procedimento de secagem foi repetido até obter massa constante (m2).

**Figura 10:** Bomba a vácuo.

Fonte: Autora (2023)

Para a determinação dos valores de sólidos suspensos usou-se a equação 1.

$$C_{sts} \text{ (ml/L): } \frac{(m_2 - m_1)}{V} \times 10^6 \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

C<sub>sts</sub>: Concentração de sólidos suspensos totais

m<sub>2</sub>: massa da membrana com sólidos (pós filtração e dessecação)

m<sub>1</sub>: massa da membrana sem sólidos

V: volume da amostra

#### 4.5. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Os parâmetros microbiológicos foram determinados qualitativamente usando o Colilert da IDEXX, um substrato cromogênico e fluorogênico apropriado para detecção simultânea de Coliformes totais e E.coli. Esse meio de cultura possui em sua formulação substâncias, nutrientes, MUG e inibidores que, devidamente balanceados, inibem o crescimento de bactérias Gram-positivas e favorecem o crescimento de bactérias do grupo Coliformes e facilitam a identificação de E.coli através da fluorescência e indol.

Para a determinação de coliformes totais e E. Coli, adicionou-se um sachê do Colilert a 100 ml de água (amostra). A mistura foi agitada durante 3 minutos ou até a completa solubilização do substrato, que confere a amostra uma coloração amarela fraca. Em seguida, foram colocados em câmara incubadora (SPlabor, modelo SP-500) (Figura 11), por 48 horas a

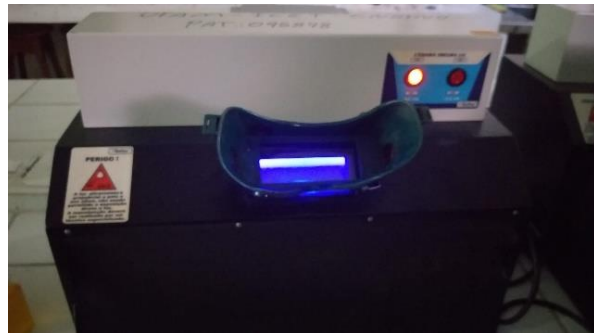
35 °C. Após esse tempo, retirou-se os recipientes e observou-se a coloração. A mudança de cor de amarelo fraco para tons amarelo forte, influenciado pela fermentação da lactose, pH, especificidade e concentração de bactérias presentes na amostra, significa teste positivo para coliformes totais. Nesses casos, se faz necessário testar a presença de Escherichia Coli, pela adição de solução de indol, que quando positivo, produz uma porção sobrenadante vermelha. Amostras que produzem porção sobrenadante são levadas a câmara escura, BT 107/UV com comprimento de onda de 365nm (Figura12) para observar se há fluorescência, confirmando a presença de E. Coli na amostra.

**Figura11:** Câmara incubadora



Fonte: Autora, (2023).

**Figura12:** Câmara escura



Fonte: Autora (2023).

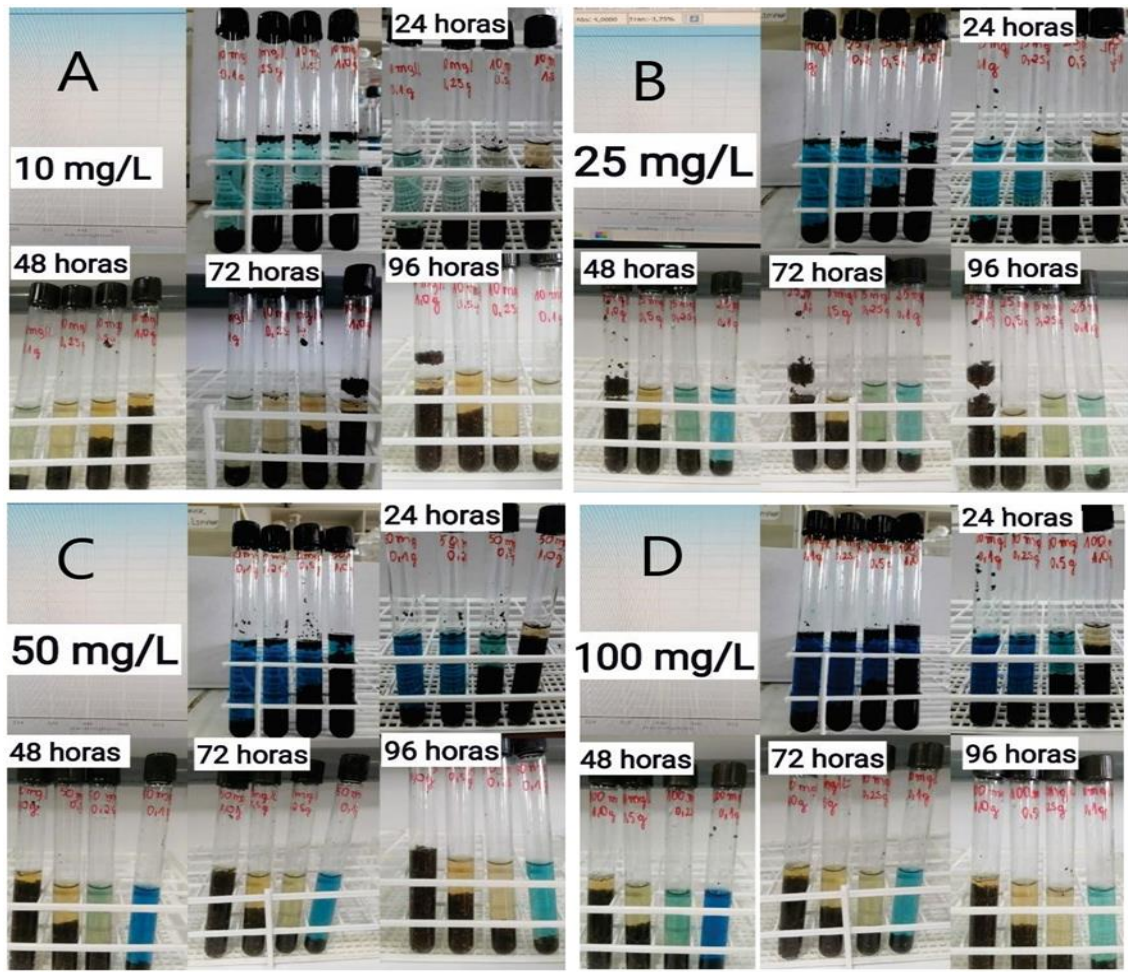
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. ADSORÇÃO DO AZUL DE METILENO PELA BIOMASSA.

Os experimentos de adsorção com azul de metileno foram realizados utilizando (0,1; 0,25; 0,5 e 1,0g) de casca de banana, em 10mL de solução de concentrações de (10, 25, 50 e 100 mg.L<sup>-1</sup>) do azul de metileno. A concentração da solução foi medida em intervalos de tempo de 24h durante 4 dias (24, 48, 72 e 96 h). Os resultados da adsorção do corante AM pela biomassa em diferentes tempos e concentrações são mostrados na Figura 13.



**Figura 13:** Adsorção do AM pela biomassa em diferentes concentrações e intervalos de tempo (A) 10mg.L<sup>-1</sup> do AM com 0,1; 0,25; 0,5g de biomassa (B) 25 mg.L<sup>-1</sup> do AM com 0,1; 0,25 e 0,5g de biomassa (C) 50 mg.L<sup>-1</sup> do AM com 0,1; 0,25 e 0,5g de biomassa (D)100 mg.L<sup>-1</sup> do AM com 0,1; 0,25 e 0,5g de biomassa.



Fonte: Autora (2023).

Na Figura 13 (A-D), podemos observar que a biomassa apresenta capacidade adsorptiva. Além disso, a adsorção é dependente da massa da biossorbente, da concentração do corante AM e do tempo de contato com a solução. Observa-se ainda que, o tempo de contato e o aumento da massa do biossorbente, apesar de adsorver o corante, confere a solução uma nova coloração amarelada a solução.

Na Figura 13 A, observa-se que após 24h, as diferentes massas (0,1, 0,25 e 1,0g) diminuem a intensidade da cor do AM, sendo que a solução tratada com 1,0 g da biomassa não apresentou mais a coloração azul do corante, mas por outro lado, exibiu a cor amarelada mais intensa do que a solução tratada com 0,1g. Observa-se ainda que, que após 48h a biomassa adsorveu completamente o corante AM, independente da massa contida na solução. Comportamento semelhante observamos para as demais amostras (Figuras B, C e D), ocorrendo

variações proporcionais a concentração do corante, quantidade de biossorvente e influenciando diretamente no intervalo de tempo necessário para a máxima adsorção.

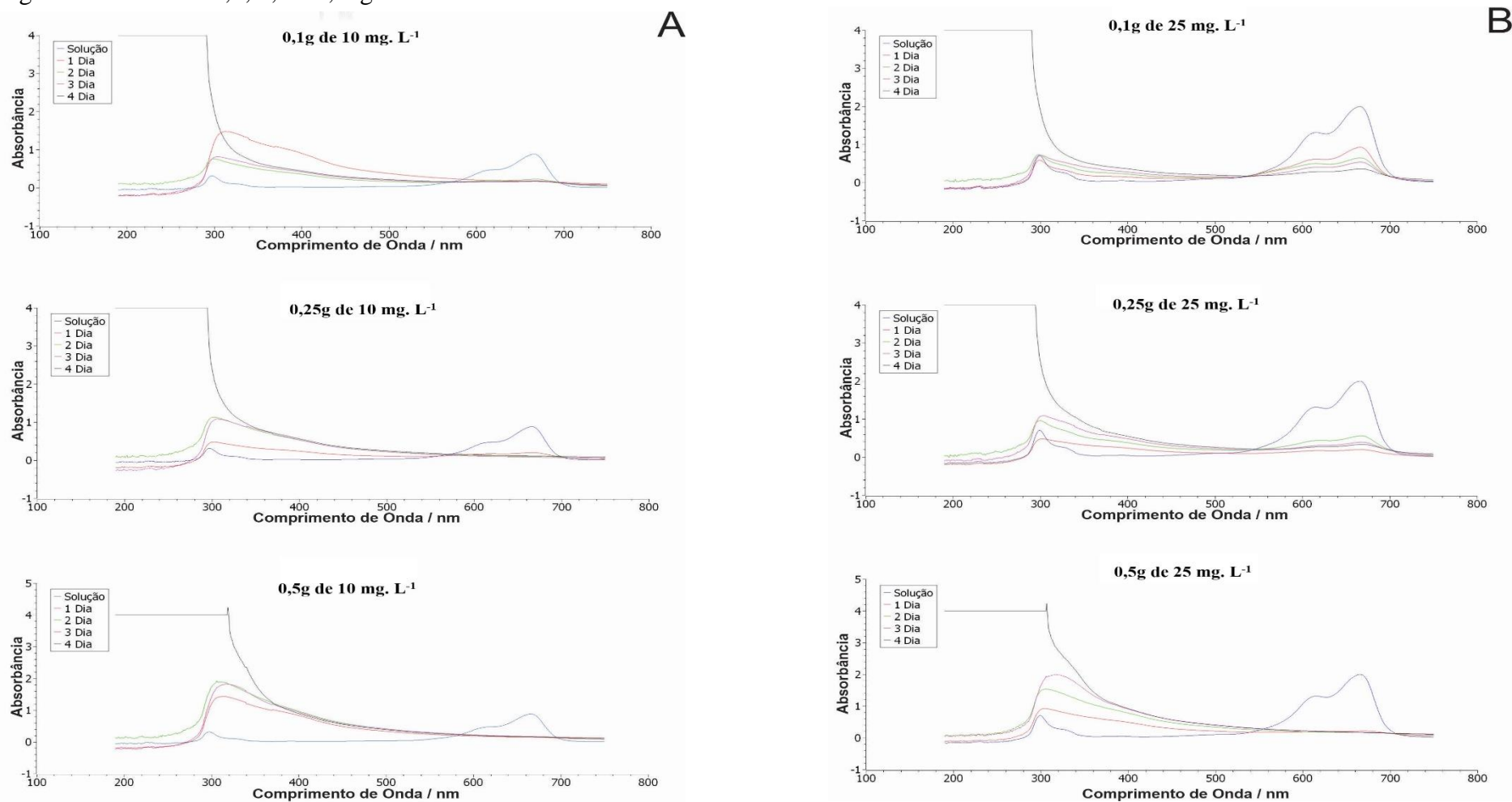
Essas observações são corroboradas pelos espectros de absorção na região do UV-VIS mostrado na Figura 14 (A -C), onde observamos a diminuição da banda no comprimento de onda de 665 nm (solução), característica do corante AM e o surgimento de uma nova banda na faixa de comprimento de onda de 264 a 365nm, indicando a presença de outras substâncias na amostra analisada, perceptível pela coloração amarela conferida a solução contendo a biomassa (Figura 13 A-D).

Ao analisar a Figura 14 (A) dos espectros eletrônicos de absorção observa-se que ocorre um decaimento significativo após 24h da banda característica do corante AM (665nm) (DO NASCIMENTO, 2022; JALDY, 2022). Por outro lado, a intensidade na nova banda na faixa de comprimento de onda de 264 a 365nm aumenta com o intervalo de tempo, apresentando maior intensidade no dia 4, isto é, maior concentração de outra substância presente na solução, proveniente da biomassa.

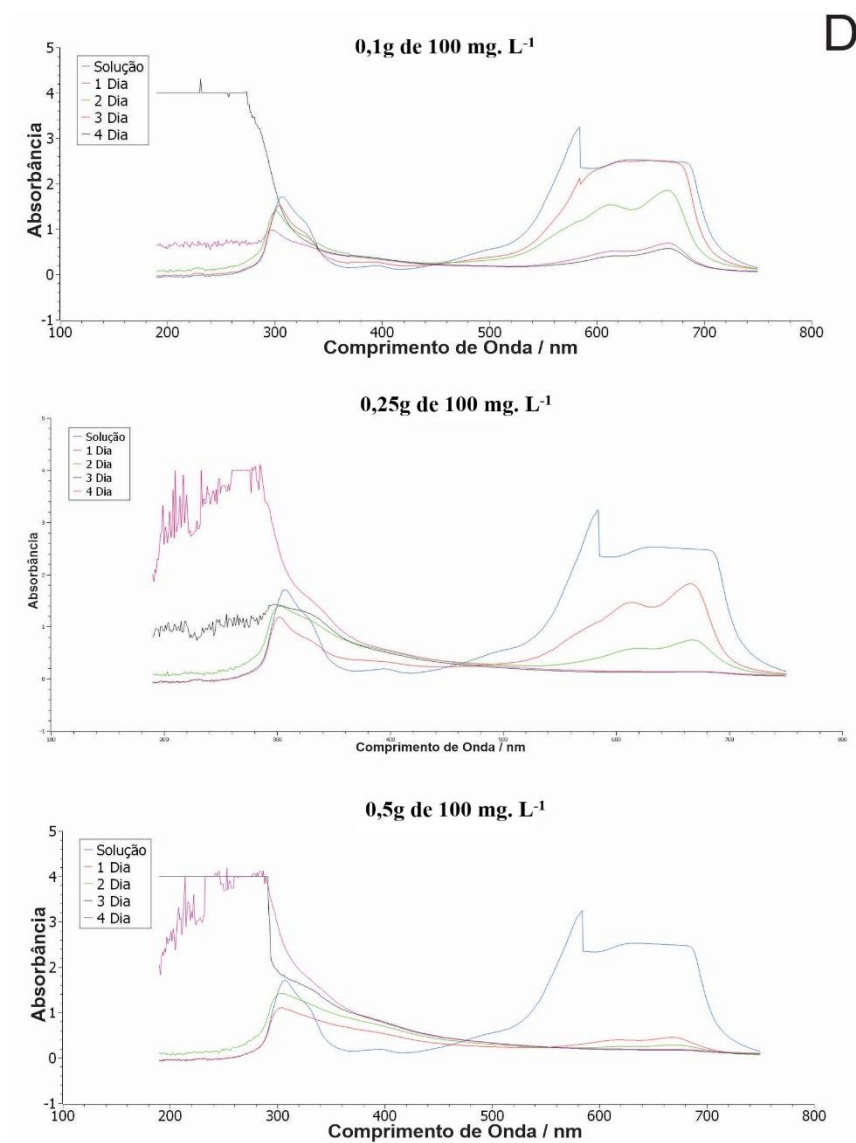
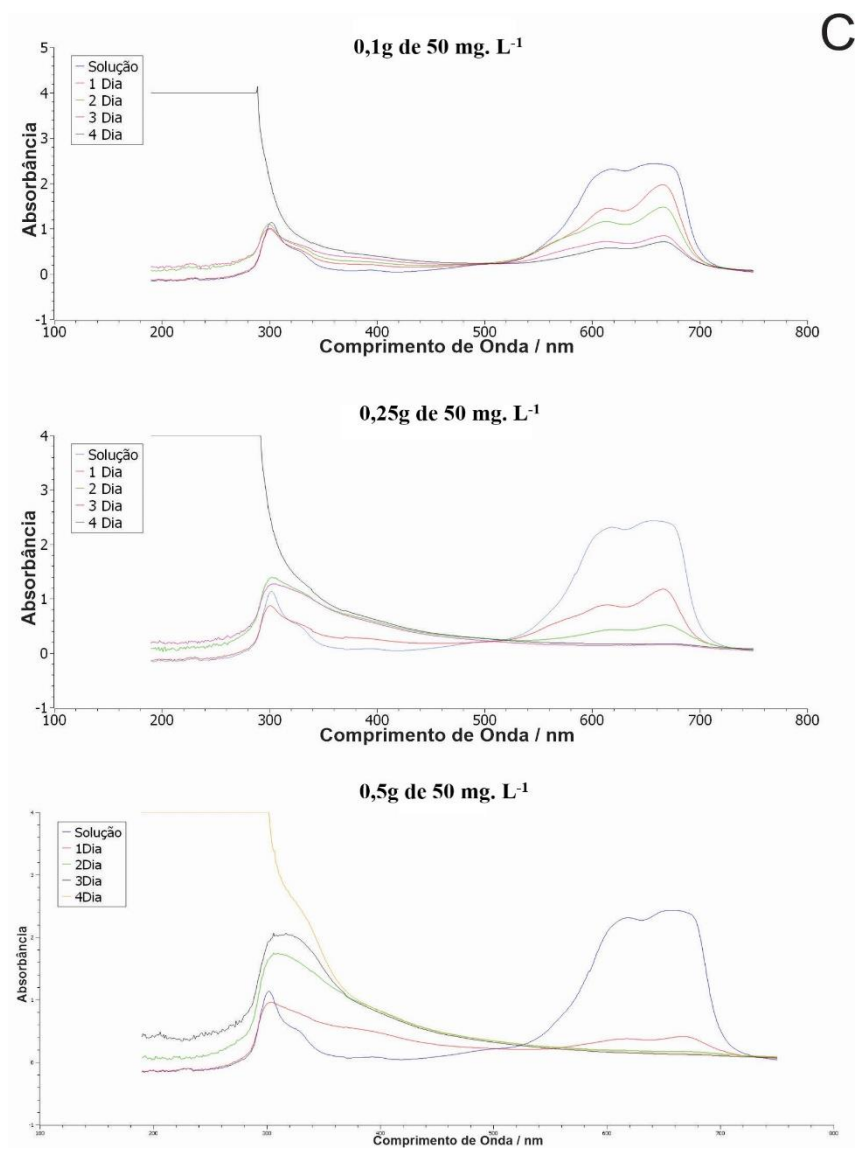
Observa-se ainda nas Figuras 14 (A, B e C) que no 4º dia a concentração da substância, que confere coloração amarelada a solução, proveniente de biomassa, é maior que o limite de detecção do equipamento. Já na Figura 14D, observa-se esse comportamento a partir do 3º dia em massas do biossorvente maior ou igual a 0,25g.

Segundo Silva (2016), as saponinas apresentam banda em comprimentos de onda na faixa de 264 a 365nm. Além disso, as saponinas são glicosídeos produzidos como metabólitos secundários por diversos vegetais superiores. Apesar dessa classe de compostos naturais reunir substâncias com variadas estruturas, apresentam algumas características em comum, como a capacidade de formar espuma, devido ao caráter anfifílico de suas moléculas, que lhes confere atividade surfactante (PODOLAK et al.,2010). Para corroborar com os resultados obtidos através da observação de uma nova coloração amarelada e o surgimento de uma banda na região característica de saponinas, foi realizado um teste qualitativo para detecção da possível presença de saponinas e taninos (Figura 15).

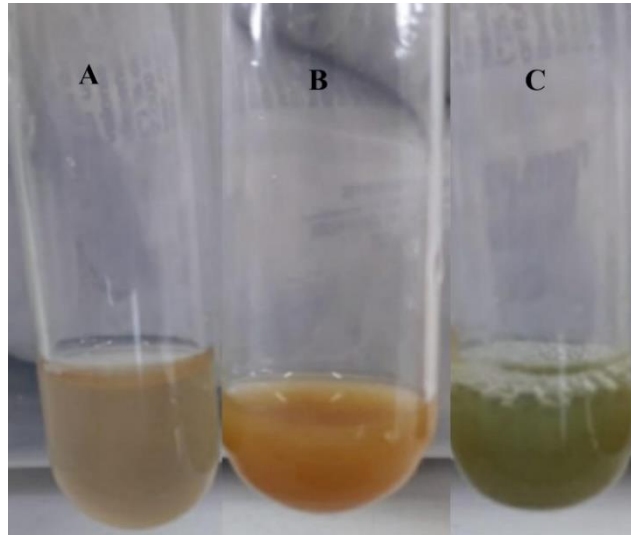
**Figura 14:** Espectros eletrônicos de adsorção na região do UV-VIS (A) Concentração  $10\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  do AM com 0,1; 0,5 e 0,25g de biomassa (B) Concentração  $25\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  do AM com 0,1; 0,25 e 0,5g de biomassa (C) Concentração  $50\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  do AM com 0,1; 0,5 e 0,25g de biomassa (D) Concentração  $100\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  do AM com 0,1; 0,5 e 0,25g de biomassa







**Figura15:** Teste de saponinas e taninos.



Fonte: Autora, 2023.

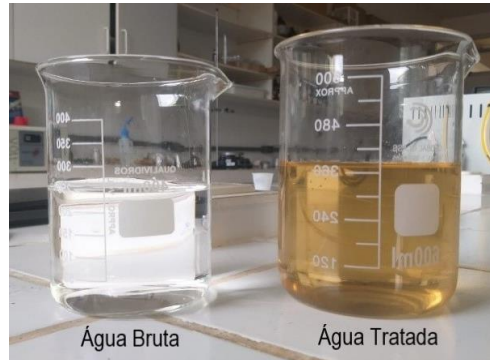
Na Figura 15 A e C, a formação de espuma persistente caracteriza a presença de saponinas. Por outro lado, a formação de precipitado castanho em 15B, pela adição de gelatina, indica a presença de taninos, que foi diferenciado qualitativamente pela adição de cloreto férrico, obtendo-se uma mistura verde (Figura 15C), que é característica de taninos condensados ou catéquico. Segundo Sundaram *et al* (2011), a casca verde da banana é caracterizada por uma forte adstringência determinada pela presença de compostos polifenólicos denominados taninos. Que são metabólitos secundários das plantas de grande interesse econômico e ecológico, que podem ter concentração variada de acordo com os tecidos vegetais, bem como em função da idade e tamanho da planta, da parte coletada, da época ou, ainda do local de coleta. Podem ser encontrados em várias partes do vegetal, como casca, frutos, sementes, folhas e raízes e pode ser aplicado para adsorção e precipitação de metais dissolvidos em água (MONTEIRO *et al.*,2005). Sendo os taninos condensados constituídos por monômeros do tipo catequina e conhecidos por flavonoides e protegem as plantas contra microrganismos patogênicos (ZUCKER, 1983).

## 5.2. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Os resultados das análises dos diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água de poço tubular, coletada na comunidade Quilombola Sagrado Coração de Jesus – Lago do Serpa, no período de cheia dos rios, que pode influenciar no nível estático do poço, causando variações ao longo do ciclo das águas superficiais. As amostras de água bruta e tratada (Figura

16) foram analisadas e os resultados são mostrados na tabela 4, assim como os valores máximos permitido (VMP) pela Portaria de consolidação N° 888/2021, para fins de comparação.

**Figura 16:** Água bruta e água tratada com biomassa da casca de banana pacovan



Fonte: Autora (2023).

**Tabela 4:** Características físico-química da água bruta e tratada

Parâmetros	Água Bruta	Água Tratada	VMP	Unidade
Cor real	0	204	NE	uH
Cor aparente	0	234	15	uH
pH	6,43	6,70	6,0 a 9,5	-
Temperatura	29,0	25,7	NE	°C
Condutividade	2,0	7,9	NE	μS/cm
Salinidade	52,5	4,45	NE	-
Turbidez	0	0	5,0	Ut
Sólidos dissolvidos totais	20,6	5,26	500	mg/L
Sólidos Suspensos	4	9,5	NE	mg/L
Fosfato	0	11,8	NE	mg/L
Amônia	0,05	21,6	1,2	mg/L
Nitrito	32	3	1	mg/L
Nitrato	0	4,9	10	mg/L

Fonte: A autora (2023) \*NE= Não Estipulado.

Na Figura 16 podemos observar a cor aparente das amostras de água bruta e tratada. A cor da água é devido a presença de sólidos dissolvidos, sua origem pode ser pela decomposição da matéria orgânica (principalmente vegetais, ácidos húmicos e fúlvicos) e pela presença de ferro e manganês. Nesse caso específico, é notório que o tratamento com a biomassa da casca de banana confere a água bruta uma coloração amarelada, isso é, a mudança da cor aparente da amostra bruta para amostra tratada é devido a presença de ácidos húmicos.

A cor aparente é um parâmetro físico exigido pela legislação seu valor máximo permitido é de 15 uH (BRASIL, 2021). Como pode ser observado na Tabela 3, o resultado da cor aparente da água tratada está muito elevado e acima do permitido pela legislação.

A legislação não define um padrão para a cor real das amostras de água para consumo humana. Pode-se observar na tabela 3, que a cor real, sofreu alteração quando foi tratada com a biomassa da casca de banana. Esse resultado vem corroborar com aqueles observados na adsorção e nos espectros de absorção UV-VIS, pois a variação nos resultados pode estar associada a presença de ligninas, taninos, substâncias húmicas e fúlvicas, algas e entre outras, em diferentes concentrações, provenientes da decomposição de material orgânico, principalmente de origem vegetal, e que são causadoras da cor em águas naturais. Além disso, estas substâncias estão em suspensão originando a cor aparente (LEÓN, 2005 apud PIRATOBA, 2017).

Na Tabela 4 podemos observar que os valores de pH das amostras bruta e tratada, 6,43 e 6,70, respectivamente, estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação. Observou-se também um ligeiro aumento no valor do pH na amostra tratada. Resultado de pH próximo ao obtido nesse trabalho foi encontrado por Neris (2018), em pesquisa realizada com a casca da banana pacovan verde, obtendo pH de 6,32. Isto implica que o adsorvente apresenta uma carga superficial positiva, o que favorece a adsorção de ânions (SILVA, 2014).

A temperatura encontrada nas análises variou entre 29°C a 25,7°C (Tabela 4). Temperaturas das águas e dos fluidos em geral, indicam a magnitude de energia cinética do movimento aleatório das moléculas e sintetiza o fenômeno de transferência de calor a massa líquida. A alteração das águas naturais decorre em especial da insolação, esta é influenciada significativamente pelo clima e pela latitude (DA SILVA, 2019). A Portaria Nº 888/21, do Ministério da Saúde, não estabelece um limite de temperatura para água de consumo humano (BRASIL, 2021). Mas o conhecimento para esse parâmetro é muito importante, pois a temperatura da água implica por exemplo, na eficácia do processo de desinfecção da água com cloro, exigindo diferentes tempos de contato.

O valor encontrado para o parâmetro de condutividade elétrica foi de 2,0µS/cm, antes da passagem da casca de banana, e depois obteve um aumento de 7,9µS/cm (Tabela 4). A Portaria Nº888/21 não estabelece um padrão para condutividade (BRASIL, 2021). Porém, ela depende da quantidade de sais dissolvidos na água e é aproximadamente proporcional à sua quantidade. Sua determinação permite obter uma estimativa rápida do conteúdo de sólidos de uma amostra. Quanto maior a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água, que pode variar também de acordo com a temperatura e pH (DE ARAUJO, 2011). Ainda, conforme Piratoba *et al* (2017) a condutividade muda com a sazonalidade, em águas naturais podem apresentar teores na faixa de 10 a 100 µS/cm, em ambientes poluídos (esgotos domésticos ou industriais) valores podem chegar a 1.000 µS/cm.

A salinidade corresponde à concentração de sais dissolvidos na água. A Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, não estabelece um valor estipulado (BRASIL, 2021). Sendo assim, as amostras bruta e tratada, respectivamente, variaram de 52,5mg.L<sup>-1</sup> para 4,45mg.L<sup>-1</sup> (Tabela 4), havendo uma diminuição após tratamento com a biomassa da casca de banana. Apesar de não ter um parâmetro estabelecido na Portaria nº 888/2021, é um parâmetro importante para classificar as águas em doce, salobra e salina. A Resolução nº 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) faz a classificação das águas (BRASIL, 2005), em doces quando a salinidade é igual ou inferior a 0,50% (500mg.L<sup>-1</sup>), salobras com salinidade entre 0,5% e 30% (30.000 mg.L<sup>-1</sup>); e por fim salinas com salinidade igual ou acima de 30%. Portanto, como as amostras analisadas podem ser classificadas como água doce, por apresentar baixa salinidade.

A turbidez é um importante parâmetro a ser analisado a qual está associada a presença de partículas em suspensão que impedem a passagem da luz na água (XAVIER, 2020). Os resultados encontrados medidos em NTU (Unidade de Turbidez Nefelométrica) ou uT (Unidade turbidez) apresenta valores zerados, e segundo os padrões estabelecidos pela portaria Nº888/2021 o valor máximo permitido do padrão de turbidez é de 5Ut (BRASIL, 2021). Dessa forma, todos os valores estão em conformidade e sem alteração com a biomassa.

Os sólidos totais dissolvidos são constituídos por partículas de diâmetro inferior a 10<sup>3</sup>µm e que permanecem em solução mesmo após filtração. A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processo erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos), podendo afetar o padrão de potabilidade, alterando a qualidade organoléptica da água (sabor) (FUNASA,2014), intensificar os problemas de corrosão, e para a saúde humana pode ter efeitos laxantes se a concentração for superior a 2000 mg/L (GONÇALVES, 2009). Os valores médios obtidos mostrados na Tabela 4, 20,6 ppm (água bruta) e 5,26 ppm (água tratada) estão dentro do padrão permitido pela a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que estabelece um valor máximo permitido de 500 ppm (BRASIL, 2021). Observa-se uma diminuição da concentração de sólidos totais dissolvidos na água tratada, indicando que a biomassa é capaz de adsorver parte dos sólidos presentes na amostra.

Para a água potável não é atribuído valor máximo permitido para a concentração de sólidos suspensos, a determinação quantitativa fornece um peso seco real de sólidos suspensos obtidos por meio de filtração a vácuo. A concentração de sólidos suspensos influencia diretamente a turbidez, pois dificulta a penetração da luz na água. Porém, os resultados encontrados nesse trabalho, para as amostras de água bruta e tratada, 4 mg. L<sup>-1</sup> e 9,5 mg. L<sup>-1</sup>, respectivamente, não influenciaram nos valores de turbidez. Além disso, observou-se um aumento da

concentração de sólidos suspensos na água tratada, possivelmente em função da biomassa apresentar sólidos suspensos na solução, que foi retido no processo de filtração, impactando alteração no resultado desse parâmetro na amostra tratada.

Na Tabela 4, podemos observar que as concentrações de fosfato sofreram alteração, estando ausente na amostra bruta e apresentando valor de  $11,8\text{mg. L}^{-1}$  para a água tratada. Esses podem estar presentes na água através de origem natural, da decomposição da matéria biológica e lixiviação de minerais, e origem antropogênica, resultante de processos de fertilização do solo para a agricultura e de falhas no tratamento de águas residuais. Nesse caso, o aumento do teor de fosfato é devido a decomposição da matéria biológica (casca de banana).

Apesar de não ter valor estimado pela Portaria nº 888/2021 (BRASIL, 2021), o excesso de fosfato pode ter efeito de toxicidade ao ser humano (DA COSTA, 2022). Monteiro (2018) afirma que a presença de fosfato na água é importante, pois é essencial para todas as formas de vida, mas se estiver em excesso se torna responsável pela eutrofização, ou seja, provoca o crescimento de algas e bactérias heterótrofas que modificam o caráter físico-químico da água diminuindo a quantidade de oxigênio dissolvido e precipitando metais pesados como o ferro.

Os valores de N na água estão associados a presença de amônia, nitrito e nitrato. A Amônia está naturalmente presente nos corpos de água como produto de degradação de compostos inorgânicos, decomposição da matéria orgânica, como proteínas, pela ação de bactérias e outros micro-organismos, redução de  $\text{N}_2$  por meio de bactérias e trocas gasosas com a atmosfera. Quando a amônia se dissolve em água reage com a mesma formando hidróxido de amônio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) (POHLING, 2009). Pode ser encontrada em águas subterrâneas, porém em baixas concentrações, em razão da adsorção por partículas do solo ou devido à oxidação a nitrito e nitrato. Dessa forma, altas concentrações podem ser indicativas de fontes de poluição próximas, construções precárias de poços, redução de nitrato por bactérias ou por íons ferrosos presentes nos solos (CABRAL, 2020).

Na Tabela 4, podemos observar que os valores da concentração de amônia para as águas bruta e tratada são, respectivamente,  $0,05\text{mg.L}^{-1}$  e  $21,6\text{mg.L}^{-1}$ . Para esse parâmetro, o tratamento com a biomassa provocou um aumento significativo na concentração de amônia, acima dos limites permitidos pela legislação, que prevê valor máximo permitido de  $1,2\text{mg.L}^{-1}$ . Portanto, o valor de amônia na água tratada é 18 vezes maior que o permitido, tornando essa água imprópria para consumo humano (BRASIL,2021).

O nitrato pode ocorrer em altas concentrações em poços subterrâneos, pois apresenta alta solubilidade em água e pode não ser adsorvido por partículas do solo (POHLING, 2009). As contaminações ocorrem através de esgotos, fossas e lixo. Sua decomposição realizada por

bactérias gera resíduos para o meio ambiente, como a amônia. Além disso, o íon nitrato pode ser convertido em nitrito, sob condições anaeróbicas, esse processo de redução pode ocorrer em água naturais, sistema de distribuição e tratamento de efluentes (ZOPPAS, 2016).

Altas concentrações de nitrato é sempre um indicador de poluição. Em pequenas quantidades na água não ocasiona problemas à saúde humana, no entanto possui um alto nível de toxicidade aos peixes (POHLING, 2009). Nas amostras analisadas (Tabela 4), observa-se ausência de nitrato na água bruta e  $4,9 \text{ mg.L}^{-1}$  na água tratada, apresentando concentração abaixo do VMP de  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  estabelecido pela legislação (BRASIL, 2021).

Quanto ao íon nitrito, esse apresenta pouca propensão para a precipitação e adsorção e é de difícil remoção utilizando tecnologias convencionais de tratamento de água. Um dos processos que vem sendo desenvolvido e aplicado é a desnitrificação biológica, que consiste na redução biológica do nitrato ou nitrito a nitrogênio molecular (COSTA, 2017). Os valores de nitrito encontrados nesse trabalho são superiores aos permitidos pela legislação. Observa-se na Tabela 4, que o tratamento com a biomassa promoveu a diminuição da concentração de íons nitrito, pois a água bruta apresentava  $32 \text{ mg.L}^{-1}$  e após tratamento com a biomassa apresentou  $3 \text{ mg.L}^{-1}$ . Mesmo com a diminuição da concentração as amostras analisadas não atendem o padrão estabelecido pela Portaria N°888/21 que estabelece como VMP  $1 \text{ mg.L}^{-1}$  (BRASIL, 2021).

Portanto, essas concentrações de amônia e nitrito acima dos padrões de potabilidade, indicam que há uma possível contaminação da água coletada. No ponto de coleta, Comunidade Sagrado Coração de Jesus, no lago de Serpa, não há saneamento básico e usa-se fossas sépticas, mas há também despejos de esgotos domésticos sem nenhum tratamento, podendo ser essas causas as possíveis fontes de contaminação.

### 5.3. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.

Os parâmetros microbiológicos determinados da água bruta foram coliformes totais e *E. Coli*. Os resultados encontrados são mostrados na Tabela 5.

**Tabela 5:** Resultados dos parâmetros microbiológicos e VMPs segundo a Portaria N° 888/21

Parâmetros	Amostra	VMP
Coliformes totais	presente	Ausente em 100 mL
E. coli	presente	Ausente em 100 mL

Fonte: Autora (2023).

Na determinação de coliformes usou-se o teste qualitativo Colilert, que confere a amostra uma coloração inicial amarela clara. Após 48h, observou-se a intensificação da cor para amarelo forte, (Figura 17), apresentando resultado positivo para coliformes totais, que abrangem um grande grupo de organismos. A coloração forte e espessa indica possível contaminação por coliformes fecais (*Escherichia Coli*). Para confirmar a presença ou ausência de *E. Coli*, a amostra foi exposta a radiação UV, em câmara escura, BT 107/UV, no comprimento de onda de 365nm, apresentando coloração fluorescente (Figura 18), confirmando a presença de *E. Coli*, bactéria do grupo dos coliformes, encontrada nas fezes provinda do trato digestivo dos animais homeotérmicos, podendo causar doenças, como diarreia, hepatites e outros distúrbios gastrointestinais (MESCHEDE *et al.*, 2018).

**Figura17:** Presença de Coliformes



**Fonte:** Autora (2023)

**Figura18:** Presença de *E.Coli*.



**Fonte:** Autora (2023)

Os dados obtidos foram comparados com aqueles regulamentados pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que exige a ausência de coliformes totais e *E. Coli* para 100 mL, da amostra (BRASIL, 2021), estando, portanto, a amostra de água do poço tubular imprópria para consumo humano. Esse resultado é concordante com aqueles observados para o teor de nitrogênio na forma de amônia e nitrito, indicando uma possível contaminação por esgotos domésticos nos recursos hídricos, principalmente na estação chuvosa, contribuindo para a queda na qualidade da água.

## 6. CONCLUSÃO

Com base no que foi apresentado podemos concluir que a biomassa, obtida da casca de banana pacovan, apresentou capacidade adsortiva quando se usou o azul de metileno como



adsorbato. Contudo, a biomassa em meio aquoso libera substâncias químicas como saponinas e taninos. Portanto, a biomassa produzida a partir da metodologia proposta, não é adequada para o tratamento de água para consumo humano.

De qualquer forma, a fim de verificar os parâmetros regulamentados para classificar a água como potável, foram realizadas as análises de cor real e aparente, fosfato, amônia, nitrito, nitrato, salinidade, sólidos suspensos, sólidos totais dissolvidos, condutividade, pH e temperatura, tanto para a amostra bruta (água de poço tubular) como para a amostra tratada. Dentre esses parâmetros, apenas nitrito não estava em conformidade para a amostra bruta. Já para a água tratada, ocorreram alterações acima dos valores permitidos para os parâmetros cor aparente, amônia e nitrito.

As alterações dos parâmetros físico-químicos, na água tratada com biomassa obtida a partir da casca de banana pacovan, podem estar associadas a presença de ligninas, saponinas, taninos, substâncias húmicas, em diferentes concentrações, provenientes da decomposição de material orgânico.

Através da espectroscopia de absorção foi possível identificar uma banda na faixa de 264 a 365nm, característica de saponinas, que através de teste qualitativo foi confirmada a presença. Além das saponinas, identificou-se qualitativamente a presença de taninos na amostra tratada

Os parâmetros microbiológicos da água bruta indicaram contaminação por *E. Coli*, tornando a água imprópria para o consumo humano, pois pode causar doenças como diarreia, hepatites e distúrbios gastrointestinais.

Vale ressaltar a importância da utilização de bioadsorventes que não agridam o meio ambiente, pois além da sua disponibilidade, muitos resíduos têm a capacidade de retorno à cadeia produtiva de forma sustentável e economicamente viável. Por isso, como sugestões para trabalho futuros, sugere-se tratar a biomassa, para a extração de saponinas e taninos e em seguida utilizá-la no tratamento de água contaminada com metais.

## **7. REFERÊNCIAS**

ADRIANO, Domingas Jandira de Almeida; DALAMA, Sara Felismina. Qualidade da água para o consumo humano. Um estudo no Bairro Tchavola-Lubango. 2022.

Agência Nacional de Águas (Brasil). (2010). Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional / Agência Nacional de Águas; Engecorps/Cobrape. — Brasília.

AHMAD, Tanweer; DANISH, Mohammed. Perspectivas da utilização de resíduos de banana no tratamento de águas residuais: uma revisão. **Jornal de gestão ambiental** , v. 206, p. 330-348, 2018.

AKPOMIE, K. G.; CONRADIE, J. Banana peel as a biosorbent for the decontamination of water pollutants. A review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 18, n. 4, p. 1085-1112, 2020.

ALMEIDA, N. P.; DOS SANTOS, K. G. Ensino do Laboratório de Engenharia Química baseado em projeto: adsorção de gasolina empregando casca de banana. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, artigo e184932716, 2020.

ANASTOPOULOS, I. et al. Sunflower-biomass derived adsorbents for toxic/heavy metals removal from (waste) water. **Journal of Molecular Liquids**, v. 342, p. 117540, 2021.

BERNARDINO, Eduarda Gameleira et al. UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS PARA ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO NA ÁGUA: MUSA ACUMINATA E CITRUS SINENSIS, 2022.

BOTTON, F. et al. A Utilização De Metodologias Participativas De Investigação E Atuação Em Territórios Populares: O Problema De Acesso À Água Em Tempos De Pandemia. **Encontro Nacional Pelos Direitos Humanos À Água E Ao Saneamento Básico**, 2021.

BRAGA, Erika Sampaio et al. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas localizadas no litoral, altitude e sertão do Estado do Ceará para consumo humano. **Revista Águas Subterrâneas**, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Diário Oficial da União, Edição: 85, Seção: 1, Órgão: Ministério da Saúde/Gabinete do Ministro, Brasília-DF, 07 de maio de 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília DF 18 de março, 2005.

BRITO, Kildery Pedrosa de et al. Qualidade da água de poços artesianos das comunidades rurais Aroeiras e Pau Ferro em São José de Piranhas-PB. 2019.

BUSKE, J. L.; JOAO, J. J. Biomassa Residual: Utilização da casaca de banana como adsorvente de metais pesados em efluentes líquidos industriais. **Iniciação Científica, UNISUL, Santa Catarina**, 2012.

CABRAL, Gabriel Alencar Julião. Comportamento dos compostos nitrogenados, amônia, nitrito e nitratos, em águas subterrâneas. 2020.

CAVALLINI, G. S.; DA SILVA ARAUJO, D. L. B.; LIMA, J. G. F. Desinfecção de água de poço por radiação solar (SODIS). **DESAFIOS-Revista Interdisciplinar Da Universidade Federal Do Tocantins**, v. 5, n. Especial, p. 66-73, 2018.

CHAPLIN, M. F. Water: its importance to life. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 29, n. 2, p. 54-59, 2001DOTTO, Guilherme L.; MCKAY, Gordon. Current scenario and challenges in adsorption for water treatment. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 8, n. 4, artigo 103988, 2020.

CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E.; EATON, A. D. Standard methods for the examination of water and wastewater. 17 nd ed. Washington, DC.: APNA, 1989. p. 4-110, 4-131.

COSTA, Darleila Damasceno; KEMPKA, Anieli Pinto; SKORONSKI, Everton. A contaminação de mananciais de abastecimento pelo nitrato: o panorama do problema no brasil, suas consequências e as soluções potenciais. **REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 10, n. 2, 2017.

COSTA, U. et al. Conservação de água em sistemas prediais hidráulicos: estudo de caso em uma residência. **SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS**, v. 1, 2019.

CRINI, Grégorio et al. Conventional and non-conventional adsorbents for wastewater treatment. **Environmental Chemistry Letters**, v. 17, n. 1, p. 195-213, 2019.

CUNHA, Ricardo Almeida et al. POLYPUS: sonda de baixo custo para análise de parâmetros físico-químicos em águas superficiais. 2019.

DA COSTA MOREIRA, Gardjany; MOREIRA, Gleidiany. Determinação do índice de qualidade de água da barragem do bananal no município de Gurupi-To. **Conjecturas**, v. 22, n. 15, p. 163-175, 2022.

DA SILVA, Adriano Ananias; MELO, Jeane Caroline Da Silva; TONHOLO, Josealdo. PROSPECÇÃO PATENTÁRIA DO TRATAMENTO DE EFLUENTES POR BIOSSORÇÃO: UM ESTUDO QUANTITATIVO. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 2, n. 3, p. 49-49, 2021.

DA SILVA, Aldeni Barbosa et al. Química ambiental: monitoramento físico-químico da água de um poço artesiano na cidade de Remígio-PB. **Águas Subterrâneas**, v. 33, n. 3, 2019.

DA SILVA, J. L. B. C. et al. Biossorção de metais pesados: uma revisão. **Revista Saúde & Ciência Online**, v. 3, n. 3, p. 137-149, 2014.

DA SILVEIRA, P. L. N. et al. Utilização do carvão ativado da casca da laranja no tratamento sustentável e de baixo custo da água de um poço tubular localizado no semiárido paraibano. **Águas Subterrâneas**, v. 35, n. 1, 2021.

DE ARAÚJO, Glauco Fernando Ribeiro et al. Qualidade físico-química e microbiológica da água para o consumo humano e a relação com a saúde: estudo em uma comunidade rural no estado de São Paulo. **O Mundo da Saúde**, v. 35, n. 1, p. 98-104, 2011.

DE AZEVEDO, Rainier Pedraça. Uso de água subterrânea em sistema de abastecimento público de comunidades na várzea da Amazônia central1. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 3, 2006.

DE OLIVEIRA, Carlany Rodrigues; DOS SANTOS, Marcela Brito. O potencial funcional da biomassa de banana verde (*musa spp.*) na simbiose intestinal. **Revista ciência e sociedade**, v. 1, n. 1, 2016.

DE SIQUEIRA, Celia Gomes; LIMA, Tayná Menezes; DOS SANTOS, Misleide. Potabilidade da água de poços artesianos em comunidades rurais do agreste sergipano. **Águas Subterrâneas**, v. 35, n. 3, 2021.

DE SIQUEIRA, Nathan França Vieira et al. O CAMINHO DA ÁGUA POTÁVEL: DA CAPTAÇÃO À DISTRIBUIÇÃO. **Epitaya E-books**, v. 1, n. 15, p. 181-196, 2020.

DE SOUZA, É. I. A.; DOS SANTOS P. H.; DE SOUSA, A. E. D. Avaliação das perdas de bananas produzidas em Rio Preto da Eva, Amazonas, Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 3, p. 1-18, 2021.

DO NASCIMENTO, Luiza Cristina Peterle et al. O pó da casca de banana prata e o pó de serragem de madeira como clareadores de água contaminada com azul de metileno Banana peel powder and sawdust powder for methylene blue removal in water. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 4, p. 32253-32277, 2022.

DOS SANTOS, Thais Lopes et al. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em comunidades ribeirinhas de Itupiranga-PA, Brasil. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 4, p. 9005-9020, 2020.

DOTTO, Guilherme L.; MCKAY, Gordon. Current scenario and challenges in adsorption for water treatment. **Journal of environmental chemical engineering**, v. 8, n. 4, p. 103988, 2020.

DUARTE, Francinete Veloso. Influência da aplicação de gás carbônico na redução de precipitação de carbonatos em sistema de irrigação localizada. 2010.

ELGARAHY, A. M. et al. A critical review of biosorption of dyes, heavy metals and metalloids from wastewater as an efficient and green process. **Cleaner Engineering and Technology**, v. 4, artigo 100209, 2021.

ESTEVAM, Marcelo; DA SILVA, Adriano Willian; DA SILVA, Frederico Fonseca. Análise física da água de entrada no sistema agroindustrial de curtume em Maringá-Paraná. **Ciência e Natura**, pág. e16-e16, 2019.

FERREIRA, Laura Almeida et al. Avaliação da qualidade de potabilidade da água subterrânea em áreas rurais no município de Humaitá/AM. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 1, p. 721-729, 2021.

FERREIRA, Paulo Renan Gomes et al. CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE FOSFATO E POTÁSSIO EM IGARAPÉS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO EDUCANDOS, MANAUS-AM. **Revista Contemporânea**, v. 3, n. 5, pág. 3507-3520, 2023.

FRAXE, Therezinha JP; PEREIRA, Henrique S.; WITKOSKI, Antônio Carlos (Ed.). **Comunidades ribeirinhas amazônicas: modos de vida e uso dos recursos naturais**. Reggo, 2011.

FUNASA, FN de S. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em etas. **Fundação Nacional de Saúde-FUNASA**, v. 1, p. 112, 2014.

GAMA, Abel Santiago Muri et al. A health survey in riverine communities in Amazonas State, Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, 2018.

GASPAROTTO, LUADIR GASPAROTTO; PEREIRA, José Clério Rezende. **A cultura da bananeira na região Norte do Brasil**. Embrapa Informação Tecnológica; Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2010.

GONÇALVES, Rute Isabel L. S. Metodologia para acreditação dos métodos de análise de sólidos suspensos e dissolvidos em águas. Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, I.P. (INSA, I.P.). Tese de Mestrado. Julho de 2009.

GROTT, S. L. et al. Variação espaço-sazonal de parâmetros da qualidade da água subterrânea usada em consumo humano em Macapá, Amapá, Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, p. 645-654, 2018.

- GUIMARÃES, Ananias Facundes et al. Acesso a serviços de saúde por ribeirinhos de um município no interior do estado do Amazonas, Brasil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 11, 2020.
- HOFSTÄTTER, Kéli. Caracterização da qualidade da água em poços rasos de consumo humano no município de Eral Seco/RS. 2021.
- LI, P.; WU, J. Drinking water quality and public health. **Exposure and Health**, v. 11, n. 2, p. 73-79, 2019.
- MELO SILVA, A. C. et al. Otimização do sistema de abastecimento de água da Barragem de Jucazinho através de programação linear. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 10, n. 5, p. 101-113, 2019.
- MENEZES, Jacinta de Fatima Freitas et al. Contaminação de águas superficiais por agrotóxicos: análise dos impactos causados na saúde humana e ambiental. **Biológicas & Saúde**, v. 11, n. 37, p. 19-35, 2021.
- MESCHEDE, M. S. C., FIGUEIREDO, B. R., Alves, R. I. S., Segura-MUÑOZ, I. S..2018. Drinking water quality in schools of the Santarém region, Amazon, Brazil, and health implications for schoolchildren. *Ambient & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 13,2218.
- MONTEIRO, Gabryella Freire. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS DE POÇOS TIPO CACIMBA NA CIDADE DE AREIA-PB. 2018.
- MONTEIRO, Julio Marcelino et al. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química nova**, v. 28, p. 892-896, 2005.
- MOURA, E. A. F. Água de beber, água de cozinhar, água de tomar banho: diversidade socioambiental no consumo da água pelos moradores da várzea de Mamirauá, estado do Amazonas. *Cadernos Saúde Coletiva*, v. 15, n. 4, 2007.

NATAL, Lilian; NASCIMENTO, Renata. Águas subterrâneas: conceitos e controvérsias. **Boletim mídia ambiente. São Paulo, ano II**, n. 6, 2004.

NERIS, Thamires Santos et al. Avaliação físico-química da casca da banana (*Musa spp.*) in natura e desidratada em diferentes estádios de maturação. **Ciência e Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, p. 5-21, 2018.

NGUYEN, T. N.; LE, P. A; PHUNG, V. B. T. Facile green synthesis of carbon quantum dots and biomass-derived activated carbon from banana peels: synthesis and investigation. **Biomass Conversion and Biorefinery**, p. 1-10, 2020.

OLIVEIRA, Vanusa Maria Ferreira de et al. Melhoria das condições da água utilizando filtro de areia modificado com biomassa. 2014.

PALUDO, Diego. **Qualidade da água nos poços artesanais do município de Santa Clara do Sul**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso.

PEREIRA, Edilaine Regina et al. Avaliação de características físico-químicas das águas subterrâneas do município de Pranchita/PR/Evaluation of physico-chemical characteristics of groundwater in the municipality of Pranchita/PR. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 6, p. 6996-7004, 2019.

PIRATOBA, Alba Rocio Aguilar et al. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, p. 435-456, 2017.

PODOLAK, Irma; GALANTY, Agnieszka; SOBOLEWSKA, Danuta. Saponins as cytotoxic agents: a review. **Phytochemistry Reviews**, v. 9, p. 425-474, 2010.

POHLING, Rolf. **Reações químicas na análise de água**. Arte Visual, 2009.

ROSANELI, C. F. et al. Interação água e saúde global: uma questão bioética. **Água y Territorio/Water and Landscape**, n. 19, artigo e5471, 2022.



SAID, Maricleide Maia; CHAVES, Maria do Perpétuo Socorro Rodrigues; DE OLIVEIRA, Luiz Antonio. Indicadores de sustentabilidade para cultivos de bananeiras em municípios do Amazonas, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. e146101018456-e146101018456, 2021.

SANTANA, Jeferson Santos; DOS SANTOS, Bianca Rodrigues; DE OLIVEIRA RESENDE, Brenda. Utilização da casca de banana como bioissorvente para adsorção de metais pesados viabilizando sua utilização em águas residuárias da industria galvânica. **INOVAE-Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation (ISSN 2357-7797)**, v. 8, n. 1, p. 143-157, 2020.

SANTOS, S. L.; VASCONCELOS, LL de; SANTOS, RN dos. QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA PARA O CONSUMO EM RESIDÊNCIAS DE UM MUNICÍPIO DO SERTÃO CENTRAL. **Revista Expressão Católica Saúde**, v. 4, n. 1, p. 65-73, 2019.

SILVA FILHO, E. D. et al. Utilização De Casca De Banana Como Tratamento Físico-Químico Da Água De Um Poço Tubular Localizado Na Zona Urbana Do Município De Lagoa Seca-Pb. **South American Journal Of Basic Education, Technical And Technological**, v. 6, n. 1, p. 327-340, 2019.

SILVA, Caroline Garcia Finkler da. Estudo de técnicas de extração de saponinas do fruto de erva mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill). 2016.

SILVA, Kamila Santos da; LIMA, Felipe Cordeiro. Proposta de implantação de procedimento operacional padrão para estação de tratamento de água. 2022.

SILVA, Nayara Cristina Romano. **Utilização da casca de banana como bioissorvente para a adsorção de chumbo (ii) em solução aquosa**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SINGH, Ranjodh Jeet et al. Monitoring effects of atenolol versus olmesartan medoxomil on metabolic parameters. 2018.

SINGH, S.; PARVEEN, N.; GUPTA, H. Adsorptive decontamination of rhodamine-B from water using banana peel powder: a biosorbent. **Environmental Technology & Innovation**, v. 12, p. 189-195, 2018.

SOUZA, Pércia Graczyk; QUEIROZ, Tadeu Miranda; CARVALHO, José Wilson Pires. Caracterização e Avaliação da Capacidade Adsorptiva de Carvões Elaborados com Bananas. **Revista Virtual de Química**, v. 12, n. 4, 2020.

SUNDARAM, Shanthy et al. Antioxidant activity and protective effect of banana peel against oxidative hemolysis of human erythrocyte at different stages of ripening. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 164, p. 1192-1206, 2011.

TOCHETTO, Gabriel André et al. Aplicação de coco de jerivá como adsorvente na remoção de metais pesados em águas de abastecimento. **Processos Químicos e Biotecnológicos Volume 8**, p. 50, 2021.

TUNDISI, José Galizia; TUNDISI, Takako Matsumura. **Limnologia**. Oficina de textos, 2016. URBANO DE ÁGUA. **Engecorps/Cobrape**. Brasília, 2010.

VIEIRA, Michael Raphael Soares et al. Métodos de assepsia na multiplicação in vitro da bananeira ‘Pacovan’ (Musa spp.). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 16, p. e291101623765-e291101623765, 2021.

VILLAR, P.C; GRANZIERA, M. L. M. Direito de Águas À Luz Da Governança. **Agência Nacional De Águas E Saneamento Básico**, 2020.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4ª Edição. **Editora UFMG. Belo Horizonte-MG**, 2014.

XAVIER, Manoel das Virgens Souza; QUADROS, Helenita Costa; DA SILVA, Monique Santos Sarly. Parâmetros de potabilidade da água para o consumo humano: uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, p. e42511125118-e42511125118, 2022.

YEOW, P. K.; WONG, S. W.; HADIBARATA, T. Removal of azo and anthraquinone dye by plant biomass as adsorbent—a review. **Biointerface Research in Applied Chemistry**, v. 11, p. 8218-8232, 2021.

ZOPPAS, Fernanda Miranda; BERNARDES, Andrea Moura; MENEGUZZI, Álvaro. Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 29-42, 2016.

ZUCKER, William V. Tannins: a estrutura determina a função? Uma perspectiva ecológica. **The American Naturalist**, v. 121, n. 3, pág. 335-365, 1983.