

CENTRO UNIVERSITÁRIO FACVEST- UNIFACVEST  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

JAQUELINE DOS SANTOS

**REAPROVEITAMENTO DA CASCA DE BANANA (*Musa ssp.*) DE UMA FÁBRICA  
DE SORVETES PARA PRODUÇÃO DE UM BIORSORVENTE PARA COBRE**

LAGES-SC

2019

JAQUELINE DOS SANTOS

**REAPROVEITAMENTO DA CASCA DE BANANA (*Musa ssp.*) DE UMA FÁBRICA  
DE SORVETES PARA PRODUÇÃO DE UM BIOSORVENTE PARA COBRE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Química do Centro Universitário Facvest-Unifacvest, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Química.

Supervisor: MSc. Rodrigo Vieira

LAGES-SC

2019

JAQUELINE DOS SANTOS

**REAPROVEITAMENTO DA CASCA DE BANANA (*Musa ssp.*) DE UMA FÁBRICA  
DE SORVETES PARA PRODUÇÃO DE UM BIOSSORVENTE PARA COBRE**

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Químico e aprovado em sua forma final pelo supervisor pedagógico do Curso de Engenharia Química, do Centro Universitário UNIFACVEST.

Lages, de de

---

Professor e Orientador MSc. Aldori Batista dos Anjos  
Centro Universitário Facvest – UNIFACVEST

---

Professor e Coorientador Dra. Maria Benta Cassetari Rodrigues  
Centro Universitário Facvest – UNIFACVEST

Dedico este trabalho aos meus pais, meu filho, esposo e irmãos pelo incentivo, compreensão e carinho, não somente pela realização deste trabalho, mas por todo o tempo até a conclusão do curso.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, sem o qual nada teria acontecido.

Aos meus pais pelo apoio, incentivo, paciência e empatia.

Ao orientador MSc. Aldori Batista dos Anjos, à coorientadora Dra. Maria Benta Cassetari Rodrigues e ao supervisor MSc. Rodrigo Vieira pelos ensinamentos e profissionalismo com que orientou os estudos teóricos.

Ao Dr. Michael Ramos Nunes pelos ensinamentos e orientação nos estudos práticos.

Ao Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Lages pela disponibilidade do espaço físico, reagentes e materiais para execução das análises.

Ao Centro Universitário Unifacvest e ao Curso de Engenharia Química que oportunizaram a realização deste trabalho.

## RESUMO

Os metais pesados são encontrados no ambiente em diversas formas. As indústrias mineradoras, metalúrgicas, papel e celulose são as principais poluidoras por descartar esses metais de forma incorreta na natureza. É de fundamental importância a remoção destes metais nos resíduos de processos industriais que são descartados em rios. Deste modo, o objetivo desse trabalho é avaliar a casca de banana como uma alternativa biossorvente na remoção de cobre. O teste de biossorção foi realizado em uma mesa agitadora de 180 rpm, com as amostras de 50, 100 e 200 mg de adsorvente em contato por duas horas com uma solução de cobre de concentração de 1000 mg L<sup>-1</sup>. Comprovou-se por esse teste a eficácia da casca de banana, foi adsorvido em média 76,55 % do cobre contido na solução.

**Palavras-chave:** Cobre, casca de banana, adsorção.

## **ABSTRACT**

Heavy metals are found in the environment in several forms. The mining, metallurgical, paper and pulp industries are the main polluters for incorrectly disposing of these metals in nature. It is of fundamental importance the removal of these metals in the waste of industrial processes that are discarded in rivers. Thus, the objective of this work is to evaluate banana peel as a biosorbent alternative in copper removal. The biosorption test was performed on a 180 rpm shaking table, with samples of 50, 100 and 200 mg of adsorbent in contact for two hours with a 1000 mg L<sup>-1</sup> copper solution. This test proved the effectiveness of the banana peel, was adsorbed on average 76.55% of the copper contained in the solution.

**Keywords:** Copper, banana peel, adsorption.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Banana ( <i>Musa ssp.</i> ).....	17
Figura 2: Pesagem da casca de banana.....	20
Figura 3: Amostras após o tempo de secagem em estufa.....	21
Figura 4: Peneiramento do processado.....	21
Figura 5: Preparo da solução de sulfato de cobre.....	22
Figura 6: Preparo da solução de hidróxido de amônio.....	22
Figura 7: Soluções para curva de calibração.....	23
Figura 8: Leitura no espectrofotômetro.....	23
Figura 9: Fluxograma do teste de bioissorção.....	24
Figura 10: Após pesagem do processado.....	24
Figura 11: Teste de bioissorção.....	25
Figura 12: Filtragem.....	25
Figura 13: Preparo das soluções.....	26
Figura 14: Leitura no espectrofotômetro.....	26
Figura 15: Curva de calibração externa para Cobre II.....	27
Figura 16: Quantidade adsorvida quando testadas concentrações de 1000 mg L <sup>-1</sup> de cobre para 50, 100 e 200 mg de bioissorvente, em triplicata.....	29

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cu	Elemento químico cobre
CuSO <sub>4</sub>	Sulfato de cobre
Dr	Doutor
HCl	Ácido clorídrico
ml	Mililitros
mg L <sup>-1</sup>	Miligrama por litro
g/cm <sup>3</sup>	Grama por centímetro cúbico
mol L <sup>-1</sup>	Mol por litro
MSc	Master of Science- Mestre
NH <sub>4</sub> OH	Hidróxido de amônio
nm	Nanômetro
pH	Potencial hidrogeniônico
%	Porcentagem
Rpm	Rotação por minuto

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultado após duas horas de agitação com a solução de $1000 \text{ mg L}^{-1}$ .....	28
---	----

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
2.1 Objetivo geral .....	14
2.3 Objetivos específicos .....	14
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
3.1. Metais pesados .....	15
3.2 Metais pesados na água .....	15
3.3 Metais pesados no solo .....	16
3.4 A importância da banana .....	16
3.5 Cobre.....	17
3.6 Doença de Wilson.....	17
3.7 Banana como bissorvente .....	18
3.8 Processo de bissorção .....	18
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
<b>6.REFERÊNCIAS .....</b>	<b>31</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Metais pesados são aqueles que em baixas concentrações geram efeitos negativos para a saúde e meio ambiente. Em nível elevado no organismo humano, não são metabolizados e tendem a se acumular, causando doenças.

Segundo Silva (2014 b), os metais pesados são encontrados no ambiente em diversas formas. As indústrias mineradoras, metalúrgicas, recicladoras de baterias automotivas, galvanoplastia, papel e celulose são as principais poluidoras por descartar grandes quantidade desses metais de forma incorreta na natureza. O que leva ao desequilíbrio ambiental.

As indústrias liberam metais pesados como resíduos dos seus processos, o destino e o descarte na natureza resulta na contaminação. Portanto, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) exige a remoção de metais pesados dos efluentes antes do seu descarte. Na resolução (CONAMA 420/2009), há uma lista de valores orientadores para solos e águas subterrâneas, que dispõe os critérios de qualidade e os valores limitantes para os metais pesados. O cobre está nesta lista como poluente ambiental.

De acordo com o Ministério da Saúde (2013), a doença de Wilson é uma doença genética consequente a um defeito no metabolismo do cobre, gerando o bioacúmulo desse metal no organismo. A absorção de cobre proveniente da dieta excede as quantidades diárias necessárias. O cobre em altas concentrações se acumula no fígado, causando hepatite. É também liberado na circulação sanguínea e o principal órgão que se depositam é o cérebro, causando danos neuronal responsáveis pelas manifestações neurológicas e psíquicas.

Por esse motivo a importância da remoção desses metais nos resíduos lançados em rios e em solos, já que são classificados poluidores pelo alto índice de contaminação mundial.

Segundo Piovezan et al. (2017), os adsorventes podem ser de origem mineral, orgânica ou biológica. Nas indústrias são utilizados adsorventes de origem sintética, os produtos eficientes são caros quando visados em grande escala. O uso da casca da banana como biossorvente de metais pesados, através do processo de adsorção possui diversas vantagens.

Para Silva et al. (2014 a), na adsorção as moléculas de uma substância ficam retidos na superfície de sólidos por interações químicas e físicas. O carvão ativado é um exemplo de adsorvente, usado em indústrias para tratamento de efluentes.

A fruta mais consumida e produzida no Brasil é a banana, além do baixo custo possuem inúmeros benefícios a saúde. A casca da banana é resíduo domiciliar e de agroindústria. Atualmente, tem sido estudada como biossorvente de metais pesados pela viabilidade econômica e por ser encontrada em larga escala.

Boniolo (2008), afirma que utilizar a casca de banana pelo processo de adsorção possui diversas vantagens sobre os biossorventes sintéticos. A casca de banana é um resíduo, é uma fonte renovável e encontrada em uma apreciável quantidade na natureza. O processo biossorvente de metais pesados quando adsorvidos pela casca da banana podem ser recuperados por processos de dessorção adicionando soluções ácidas. Após esse processo é possível reutilizar o metal.

Diante disso, o objetivo do presente estudo é avaliar a casca de banana como uma alternativa biossorvente na remoção de cobre nos resíduos. O método utilizado para determinação da amostra será por espectrofotometria de UV-visível em comprimento de onda 610 nm.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar o uso da casca de banana como uma alternativa bioSORVENTE na remoção de cobre.

### 2.3 Objetivos específicos

- Avaliar a capacidade de adsorção da casca de banana processada;
- Adequar a metodologia utilizada nas pesquisas relacionadas;
- Reaproveitar os resíduos de cascas de banana para produção de um bioSORVENTE;
- Comparar os resultados obtidos em pesquisas por autores os quais utilizaram a casca da banana como bioSORVENTE na remoção de metais pesados;
- Verificar um método alternativo de bioSORVENTE natural para remoção desses metais.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Metais Pesados

De acordo com Filgueira (2007), metais pesados são elementos químicos que possuem número atômico maior do que 20 e peso específico maior que  $5 \text{ g/cm}^3$ . Elementos traço são classificados como semimetais, metais e não metais, como é o caso do selênio. Essa definição de elementos traço é para metais em baixas concentrações em solos e plantas.

Ribeiro; Trindade & Filho (2007), evidencia que os metais estão presentes no ambiente, geralmente associados a outros componentes maiores, como por exemplo em minerais e rochas que são destinados aos corpos hídricos. Podem ser agrupadas em: natural, industrial, poluição atmosférica, da agricultura, das águas de mineração e do esgoto doméstico.

Segundo Tsutiya (1999), são considerados metais que oferecem pequeno risco a seres vivos e plantas, o manganês, o ferro, o alumínio, o cromo, o arsênio, o selênio, o chumbo e o mercúrio.

Conceição (2004), afirma que uma das fontes de poluição decorrentes das atividades humanas é o uso de pesticidas e fertilizantes, neles contido de metais como cádmio, cromo, chumbo, zinco, cobre, arsênio e mercúrio.

De acordo com Jardim (1986), a poluição aquática por metais pesados é considerada como uma das formas mais nocivas de poluição ambiental, uma vez que tais metais não são degradáveis e tendem a acumular-se em organismos vivos, cujas consequências poderão ir desde a dizimação da biota até a intoxicação e envenenamento dos seres vivos.

#### 3.2 Metais pesados na água

Segundo Yabe & Oliveira (1998), rios e lagos estão recebendo uma variedade de subprodutos, provenientes da ação do homem. A presença de elementos potencialmente tóxicos é responsável por efeitos adversos sobre o ambiente, com repercussão na economia e na saúde pública. A introdução de metais nos sistemas aquáticos ocorre naturalmente através de processos geoquímicos, efluentes domésticos e industriais.

Frizzo (2006), afirma que a intoxicação de metais pesados pela água potável se dá geralmente pela exposição crônica, ou seja, pela ingestão continuada por um longo período de tempo. E também pela via indireta, peixes vivendo em águas contaminadas, podem acumular

em seus tecidos elementos químicos tóxicos, caso pescados e consumidos, os tornam disponíveis para o metabolismo humano.

### 3.3 Metais pesados no solo

De acordo com Guerra & Cunha (2005), o descarte de resíduos sólidos de forma inadequada tem provocado a contaminação de corpos hídricos, contribuindo para contaminação gerando gastos de recursos. Isso porque, no local de disposição de resíduos sólidos, o balanço hídrico ocorre com a entrada de água por meio da precipitação e de processos de decomposição de resíduos sólidos.

Neto (2013), destaca que esses metais quando lançados ao solo, podem atingir os recursos hídricos levando a contaminação. São prejudiciais para o homem, pois esses metais pesados são ingeridos por alimentos e água o que causa a bioacumulação no organismo humano.

### 3.4 A importância da banana

De acordo com Agrianual (2007), a fruta mais cultivada nos países de clima tropical e subtropical é a banana (*Musa spp.*). O Brasil é o segundo país com a maior produção da fruta, possui 7 milhões de toneladas de produção e área plantada de 505 mil hectares. É considerada a quarta mercadoria mais importante comercializada no mundo.

Ramos; Leonel & Leonel (2009), afirmam que técnicas inadequadas de colheita, transporte incorreto, armazenagem e falhas na distribuição são alguns motivos para que as perdas do fruto cheguem em 60%, após isso são descartadas o que gera o acúmulo e a poluição no ambiente.

A Figura 1 mostra a banana que é a fruta mais cultivada nos países de clima tropical e subtropical.

Figura 1: Banana (*Musa ssp.*)



Fonte: Terra e Saúde, (2017).

### 3.5 Cobre

De acordo com Lavarda (2010), o cobre tem várias utilizações como, por exemplo, na fabricação de utensílios de cozinha, equipamentos químicos, farmacêuticos, moedas e dispositivos anticoncepcionais intrauterinos. É de grande importância nas indústrias eletrônicas, na construção, na agricultura, na energia e nas novas tecnologias.

“O cobre, em pequenas quantidades é até benéfico ao organismo humano, catalisando a assimilação do ferro e seu aproveitamento na síntese da hemoglobina do sangue humano, facilitando a cura de anemias” (GUYTON, 1988).

### 3.6 Doença de Wilson

Piovezan et al. (2017), explica que nos pacientes de Wilson ocorre a bioacumulação do cobre no organismo. É uma doença genética que o organismo possui um defeito para metabolizar o metal. Esse excesso faz com que o cobre ataque o fígado causando nos doentes a hepatite e o provoca sérios problemas neurológicos.

Segundo o Ministério da Saúde (2013), o cobre em altas concentrações se acumula no fígado, causando hepatite nos pacientes dessa doença. É também liberado na circulação sanguínea e o principal órgão que se depositam é o cérebro, causando danos neuronais responsáveis pelas manifestações neurológicas e psíquicas.

Bennette & Plum (1997), explicam que o tratamento dos doentes de Wilson é com medicações e é associada a uma dieta alimentar balanceada com o mínimo de cobre. Alguns alimentos que possuem cobre, são: chocolate, nozes, cogumelos, fígado, brócolis, feijão, cereais e mariscos. Para os doentes o ideal é a exclusão desses alimentos na dieta. É

facilmente tratável, porém em alguns casos a fisioterapia é uma das alternativas viáveis aos pacientes.

### 3.7 Banana como bissorvente

De acordo com Boniolo (2008), a casca da banana é encontrada em apreciável quantidade na natureza e estudos revelam a possível capacidade de adsorção de poluentes como os metais pesados e ainda podem ser recuperados por processos de dessorção com a adição de soluções ácidas. A casca não possui valor comercial por ser fonte renovável, é considerada resíduo da agroindústria e domiciliar.

“A casca de banana contém vários sítios de adsorção já ocupados por íons metálicos adsorvidos durante a formação da fruta” (CRUZ et al. 2009).

Boniolo (2008), afirma que o uso da casca de banana para tratar efluentes é uma ótima alternativa, pois diariamente são descartadas toneladas de cascas gerando acúmulo e poluição no ambiente, sua utilização viabiliza uma alternativa com resultados ambientais bem positivos.

### 3.8 Processo de bissorção

Barros et al. (2006), explicam o tratamento dos efluentes contaminados com metais pesados, que consiste nos processos físico-químicos de floculação ou precipitação, eletrólise e cristalização. Esses processos são caros e normalmente produzem novos resíduos que impossibilitam a recuperação destes metais, não propiciando uma solução ambientalmente correta da destinação destes metais.

Segundo Lavarda (2010), o processo de bioadsorção envolve o adsorvente, uma fase sólida e uma fase líquida o adsorvato. A fase líquida- adsorvato é atraído pelo adsorvente-fase sólida por afinidade e também por diversos mecanismos. Cada mecanismo de remoção de metais pesados pode ser diferente de um bioadsorvente para outro, devido ao fato dessa remoção estar ligada às moléculas presentes na sua estrutura.

Um material de origem biológica para ser utilizado como bioadsorvente deve apresentar as seguintes características: ter baixo custo e ser reutilizável; deve ter um tamanho de partículas, forma e força mecânica apropriada para ser usado em biorreatores sobre condições de fluxo contínuo; a captura do metal deve ser eficiente e rápida; a separação do bioadsorvente

da solução deve ser rápida, eficiente e barata; deve possuir uma alta seletividade; a regeneração deve ser seletiva de metal e economicamente viável (CALFA & TOREM, 2007).

O desempenho da sorção de um metal por meio de um biossorvente depende de vários fatores. A presença de outros íons, a área superficial, as propriedades do adsorvente, adsorvato e as condições da biomassa afetam a capacidade de sorção (SILVA et al. 2014 a).

Destaca-se como uma grande alternativa para remoção de metais, pois, quando comparada com os processos convencionais, apresenta reconhecidas vantagens como: os metais podem ser removidos da solução independentemente do grau de toxidez; os tempos de operação são pequenos quando o equilíbrio é alcançado; não produz compostos secundários com toxicidade e pode ser altamente seletiva (FERREIRA et al., 2007).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

Foi usado o método de espectrofotometria UV-visível com o objetivo de quantificar as amostras de solução de cobre após tratamento com processado de casca de banana adaptado de Piovezan et al. (2017).

### 4.1 Preparação do processado da casca de banana

Após a coleta das cascas de banana em uma fábrica de sorvetes na cidade de Lages-SC, as amostras foram lavadas em água destilada e feita a secagem em estufa. A figura 2, mostra a pesagem da casca de banana.

Figura 2: Pesagem da casca de banana.



Fonte: A autora, (2019).

As amostras foram secas em estufa em temperatura de 60 °C por 24 horas seguido de 100 °C por 48 horas, representadas na Figura 3. Após foram trituradas em um liquidificador.

Figura 3: Amostras após o tempo de secagem em estufa.



Fonte: A autora, (2019).

Por fim, utilizou-se peneira de 300  $\mu\text{m}$  para separação das partículas do processado, para uniformizar as amostras, como mostra na Figura 4.

Figura 4: Peneiramento do processado.



Fonte: A autora, (2019).

#### 4.2 Preparação das soluções e construção da curva de calibração

Para construção da curva de calibração externa para o sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ), foi preparada uma solução estoque pela pesagem de 0,126 g do sal, transferido para um balão de 25 mL, completado até o menisco com água destilada e ajustado pH para 5,0 com solução de HCl 0,1 mol  $\text{L}^{-1}$  quando necessário. A Figura 5, mostra o preparo da solução de sulfato de cobre.

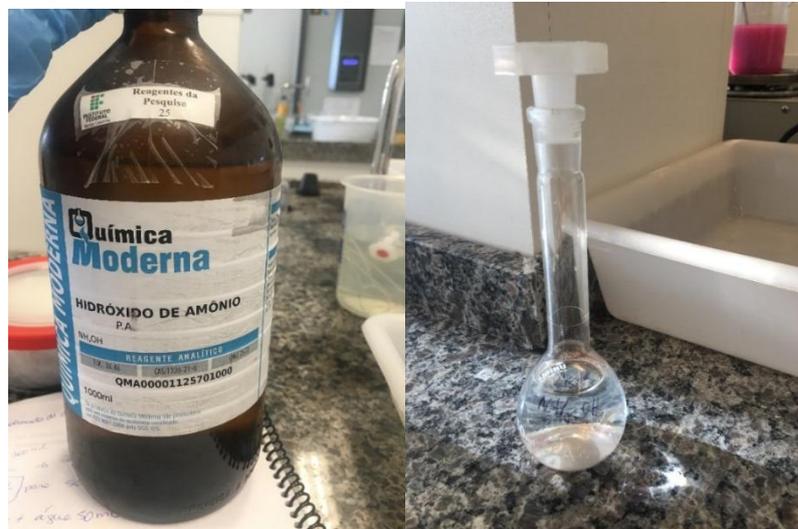
Figura 5: Preparo da solução de sulfato de cobre.



Fonte: A autora, (2019).

O hidróxido de amônio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) utilizado para produção de cor foi preparada uma solução de (20% m/v) em um balão de 50 mL. A Figura 6, mostra o preparo da solução de hidróxido de amônio.

Figura 6: Preparo da solução de hidróxido de amônio.



Fonte: A autora, (2019).

A curva de calibração foi realizada a partir da diluição da solução estoque de  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  do sulfato de cobre, obtendo-se soluções de concentrações de 20, 40, 100, 200, 400 e  $600 \text{ mg L}^{-1}$  pela transferência de 0,5 mL; 1 mL; 2,5 mL; 5 mL; 10 mL e 15 mL de (Cu) para balões de 25 mL, aonde adicionou-se  $400 \mu\text{L}$  de hidróxido de amônio 20% m/v para produção

de cor, completado até o menisco com água destilada e ajustado pH para 5,0 quando necessário (PIOVEZAN et al. 2017), como mostra na Figura 7.

Figura 7: Soluções para curva de calibração.



Fonte: A autora, (2019).

Após esses procedimentos, as soluções foram lidas em espectrofotômetro de UV-visível em 610 nm de comprimento de onda, obtendo a curva de calibração. A Figura 8, mostra a leitura no espectrofotômetro.

Figura 8: Leitura no espectrofotômetro.



Fonte: A autora, (2019).

### 4.3 Teste de biossorção

A Figura 9 mostra o fluxograma de como foi o teste de biossorção realizado.

Figura 9: Fluxograma do teste de biossorção.



Fonte: A autora, (2019).

Pesou-se 50, 100 e 200 mg da casca de banana em cada erlenmeyer e adicionados 25 mL das soluções de (Cu) em concentração de  $1000 \text{ mg L}^{-1}$ . O teste foi realizado em triplicata. A Figura 10, mostra após a pesagem do processado.

Figura 10: Após pesagem do processado.



Fonte: A autora, (2019).

Foram mantidas sobre agitação por duas horas na mesa agitadora a 180 rpm. A Figura 11, mostra como foi feito o teste. Em seguida filtraram-se as amostras em papel filtro conforme mostrado na figura 12.

Figura 11: Teste de biossorção.



Fonte: A autora, (2019).

Figura 12: Filtragem.



Fonte: A autora, (2019).

Transferiu-se uma alíquota de 10 mL do teste de biossorção para um balão de 25 mL, adicionou-se 400  $\mu$ L de hidróxido de amônio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) para produção de cor e então completado com água destilada até o menisco, ajustado pH para 5,0 quando necessário. A Figura 13, mostra após preparadas as soluções.

Figura 13: Preparo das soluções.



Fonte: A autora, (2019).

Posteriormente, foram realizadas as leituras no espectrofotômetro com comprimento de onda de 610 nm para determinar a absorvância da amostra como mostra na Figura 14.

Figura 14: Leitura no espectrofotômetro.



Fonte: A autora, (2019).

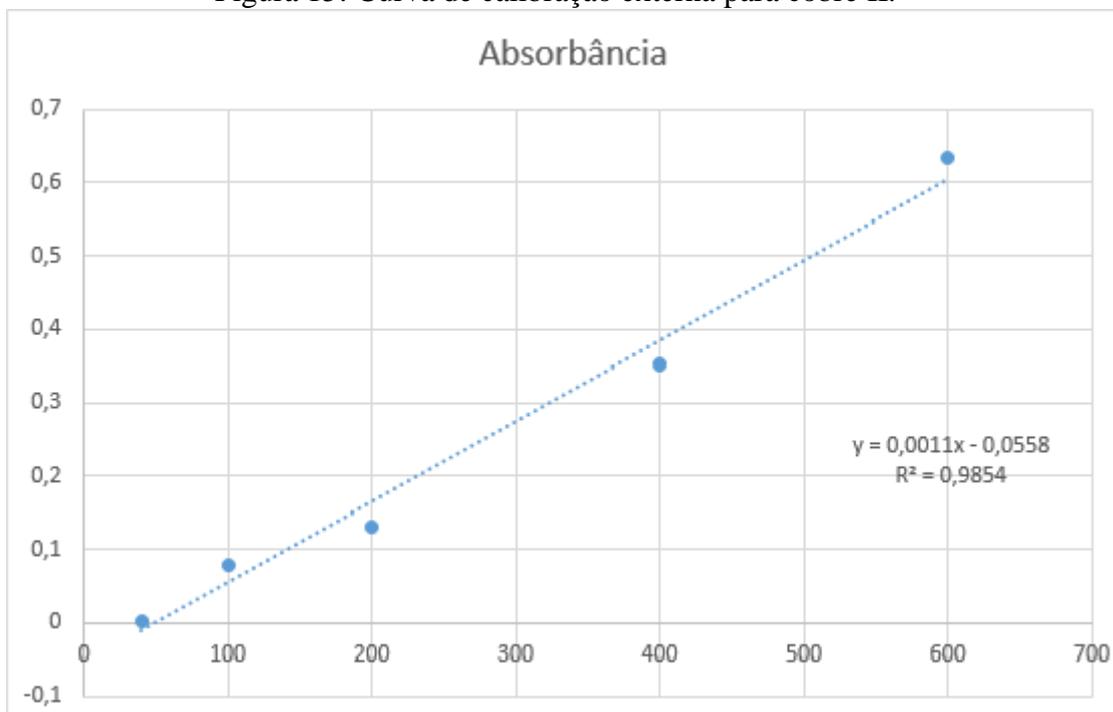
A quantidade do cobre foi determinada através da equação da reta obtida na calibração externa. O processo foi realizado em triplicata para cada concentração para avaliação do desvio padrão.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 15, mostra a curva de calibração externa para cobre II realizada a partir de diluições da solução estoque de  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  do cobre, soluções de concentrações de 20, 40, 100, 200, 400 e  $600 \text{ mg L}^{-1}$ . A curva foi correlacionada pela Absorbância X Concentração do cobre.

Obteve-se a equação da reta ( $y = 0,0011x - 0,0558$ ), onde  $y$ =Abs e  $x$ =( $\text{mg L}^{-1}$  de cobre). O coeficiente de determinação foi  $R^2 = 0,9854$ , caracterizando um bom resultado.

Figura 15: Curva de calibração externa para cobre II.



Fonte: A autora, (2019).

Após duas horas do teste de biossorção, o processado da casca de banana em contato com a solução de  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  de cobre, foi filtrado em papel filtro e coletado uma alíquota de 10 mL para produzir a solução. Após, lidas em espectrofotômetro em comprimento de onda de 610 nm. A Tabela 1, representa o resultado após duas horas do teste.

Tabela 1: Resultado após duas horas de agitação com a solução de 1000 mg L<sup>-1</sup>.

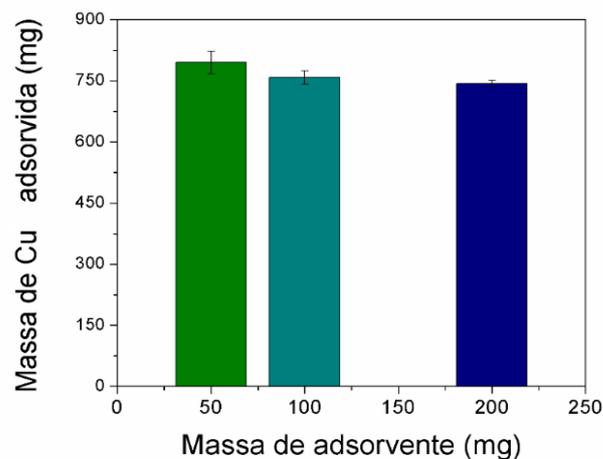
Massa de adsorvente	Quantidade de cobre restante na amostra	Quantidade de resíduo tratado	Porcentagem do resíduo tratado
50 mg	204,96 mg	795,04 mg	79,50%
100 mg	241,93 mg	758,07 mg	75,80%
200 mg	256,48 mg	743,52 mg	74,35%

Fonte: A autora, (2019).

A Figura 16, representa os resultados obtidos para concentração de 1000 mg L<sup>-1</sup> de cobre em duas horas de contato com 50, 100 e 200 mg de bioadsorvente. Observa-se que os valores adsorvidos diminuem conforme aumenta a quantidade de bioadsorvente, 795,04 +/- 27,59, 758,07 +/- 16,30, 743,52 +/- 8,14, respectivamente.

Pelo gráfico pode-se observar que os maiores valores adsorvidos foram o que possuem massa de 50 mg de bioadsorvente (barra verde) e de 100 mg (barra azul). Pode-se afirmar que o aumento da quantidade de bioadsorvente, no caso 200 mg (barra roxa), não influencia de modo significativo para essa análise. Possível explicação para esse resultado, é que quando aumentado a quantidade de adsorvente, a solução atinge a saturação e entra em estado de equilíbrio, perdendo sua característica adsorvente.

Figura 16: Quantidade adsorvida quando testadas concentrações de 1000 mg L<sup>-1</sup> de cobre para 50, 100 e 200 mg de bioadsorvente, em triplicata.



Fonte: A autora, (2019).

Conforme as análises e os cálculos de concentração pela equação da reta pode-se observar resultados satisfatórios para utilização da casca da banana como bioadsorvente para o

cobre. O resultado para a alta adsorção de cobre é explicado pela grande área específica advinda da porosidade do bioissorvente produzido.

Resultados semelhantes utilizando a mesma técnica de espectrometria UV-visível foi do autor Piovezan et al. (2017), onde suas amostras de processado de casca de banana e solução de cobre de 100, 200 e 1000 mg L<sup>-1</sup> foi adsorvido em média 52,88% do cobre. Por Boniolo (2008), que utilizou a casca de banana para remover íons de urânio de uma solução com concentração de 100 mg L<sup>-1</sup>, obteve resultado de remoção de 50%. E também por Xavier e colaboradores (2017), que trataram uma solução de alumínio com concentração de 100 mg L<sup>-1</sup> utilizando o processado da casca de banana como bioissorvente e com resultado de 91,7 % de adsorção.

Comparação de um adsorvente sintético (carvão ativado), utilizado no trabalho de Alves (2007), para tratar cobre e chumbo, teve uma eficiência de valores acima de 90%.

Já no trabalho de Hoehne & Fangmeier (2012), que testaram o uso do carvão ativado e de sílica como adsorventes para amostras com corantes e com sódio, não obtiveram tanto sucesso, o carvão ativado não foi tão eficiente, mas comparado com o uso da sílica foi relativamente mais adequado para esse tratamento.

No teste de bioissorção realizado neste trabalho com a casca de banana foi possível determinar o potencial de adsorção, uma forma de bioissorvente natural, baixo custo e por ser considerada de fonte renovável é uma excelente opção para tratar metais pesados.

Estudos posteriores são sugeridos para utilizar a casca de banana para tratar corante azul de metileno e também usar outras formas de bioissorventes como a casca de uva, bagaço de laranja, verduras, plantas e algas.

## 5. CONCLUSÃO

Em vista dos argumentos apresentados no presente trabalho, pode-se concluir que o uso do processado da casca de banana produzida neste trabalho apresentou boas características para ser utilizada como um bioissorvente para cobre em solução aquosa, sendo uma alternativa viável economicamente para as indústrias tratarem seus resíduos. O resultado obtido para concentração de  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  de cobre em duas horas de contato por agitação com 50, 100 e 200 mg de bioissorvente, foi adsorvido, em média 76,55% do cobre contido na solução, a capacidade máxima obtida apresenta valor alto para um material natural sem modificação. Pode-se concluir também que o pH 5,0 da solução é o ideal para a casca de banana adsorver o metal.

Atualmente, as indústrias utilizam adsorvente sintéticos, como por exemplo o carvão ativado, seu custo é alto quando a utilização é visada em grande escala e em alguns casos não são tão eficientes.

Estudos como este mostram a importância de reutilizar a casca de banana, pois é considerada um resíduo. O resultado das análises foram satisfatórios para adsorção de cobre. A indústria lucrará utilizando esse bioissorvente natural, por ser um fruto barato, sua implementação em larga escala é de baixo custo e por ser eficiente ao tratamento de metais pesados nos resíduos.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALVES, Allani. 2007. **Avaliação de tratamento de efluentes líquidos contendo cobre e chumbo por adsorção em carvão ativado.**
- AGRIANUAL 2007: **anúário estatístico da agricultura brasileira.** São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2007. p.194-204.
- BARROS, A.; PRASAD, S.; LEITE, V.; SOUZA, A. **Estudo Termogravimétrico do Processo de Sorção de Metais Pesados por Resíduos Sólidos Orgânicos.** Artigo, 2006, Engenharia Sanitária Ambiental, vol.11- nº (2): p.184-190.
- BENNETT, JC. PLUM, F. **Cecil Tratado de Medicina Interna,** 20. ed. Rio de Janeiro, v. 1: Guanabara, 1997.
- BONIOLO, Milena. **Biossorção de urânio nas cascas de banana.** 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear. Faculdade Autarquia Associada à Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008. p. 1-158.
- CALFA, Bruno. TOREM, Maurício. **Uso de Biomassas em Processos de Combinação Biossorção/Flotação para remoção de Metais Pesados.** [Dissertação Mestrado]. Pontifícia Universidade Católica – PUC, Rio de Janeiro. 2007.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009.**
- CONCEIÇÃO, Gilberto. **Distribuição de elementos-traço em sedimentos superficiais do Rio Itajaí-Mirim em Santa Catarina.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental, Centro de Ciências Tecnológicas, da Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2004.
- CRUZ, R.F. Maria; GUERRA, Álvaro; ISHIKAWA, Dilson; ALFAYA, Rení; ALFAYA, Antonio. **Farinha da casca da banana: um biossorvente para metais pesados de baixo custo.** Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR, 2009.
- FERREIRA, Joelma.; SILVA, Flávio.; ALSINA, Odelsia.; OLIVEIRA Líbia.; CAVALCANTI, Eliane.; GOMES, Wolia. Estudo do Equilíbrio e Cinética da Biossorção do Pb<sup>2+</sup> por *Saccharomyces cerevisiae*. Química Nova, vol. 30, n. 5, p. 1188-1193, 2007.
- FILGUEIRA, A. R. Fernando. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Embrapa Agrobiologia. Viçosa: UFV, 2007 e 2008. 234p.
- FRIZZO, Sérgio. **Elementos químicos (metais pesados) em águas de abastecimento público no Estado do Ceará.** Ministério de Minas e Energia Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. 2006. p. 5-119.
- GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. da. 2005. **Impactos ambientais urbanos no Brasil.** 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

GUYTON, C. Arthur. "**Fisiologia Humana**", Guanabara Koogan, ed. 6, pp. 564, Rio de Janeiro, 1988.

HOEHNE, Lucélia; FANGMEIER, Michele. 2012. **Avaliação de carvão ativado e de sílica como adsorventes para amostras com corantes e com sódio.**

JARDIM, W. F. **Metais pesados um dano irreparável.** Rev. Bras. Tecnol., Brasília, v. 14. n.2, p. 41 -45, 1983. Nitrogen transformations in flooded Rice soil. Fertilizer Research, Hague, v.9, p. 15 – 38, 1986.

LAVARDA, Fábio. **Estudo do Potencial de Bissorção dos Íons Cd (II), Cu (II) e Zn (II) pela Macrófita Eichhornia crassipes.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo-Paraná, 2010.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas.** Doença de Wilson. Portaria SAS/MS nº 1.318, de 25 de novembro de 2013. p.1-18.

NETO, José. **Bário, cádmio, cromo, cobre, níquel, chumbo, selênio e zinco no ambiente canavieiro adubado com composto de lodo de esgoto.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Piracicaba- São Paulo, 2013.

PIOVEZAN, Marcel; FERRAREZE, Jocleita; VIEIRA, Janaína; SILVA, Bruna. **Farinha de casca de banana como biossorvente para cobre (Cu<sup>2+</sup>): uma proposta prática para tratar resíduos.** Revista Agronomia Brasileira, vol. 1, nº 1. 2017.

RAMOS, Dayana; LEONEL, Magali; LEONEL, Sarita. **Amido resistente em farinhas de banana verde.** Alim. Nutr., Araraquara v.20, n.3, p.479-483, jul-set. 2009.

RIBEIRO, Elizêne; TRINDADE, Wallace; FILHO, Hernando. **Níveis de Contaminação por Metais Pesados em águas Superficiais do Rio São Francisco em Pirapora e sua Relação com as Atividades Industriais.** 2007.

SILVA, Jéssika (a); PEQUENO, Ozires; ROCHA, Loranny; ARAUJO, Eudocia; MARCIEL, Tamara; BARROS, Aldre. **Biossorção de metais pesados: uma revisão.** Sumé-PB, 2014.

SILVA, Nayara (b). **Utilização da casca de banana como biossorvente para adsorção de chumbo (II) em solução aquosa.** Trabalho de conclusão de curso, graduação do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná câmpus Campo Mourão-PR. Paraná, 2014.

TERRA E SAÚDE. **Banana (musa ssp).** 2017.

TSUTIYA, Milton. **Metais pesados: O principal fator limitante para o uso agrícola de biossólidos das estações de tratamento de esgotos.** Rio de Janeiro, 1999. Anais. Rio de Janeiro, ABES, 1999. p.753-761.

XAVIER, Leandra; SILVA, Matheus; PIOVEZAN, Marcel; MARTINS, Lucia. **Avaliação da farinha da casca de banana como adsorvente para Al<sup>3+</sup>.** Trabalho de conclusão de curso técnico análises químicas. Lages-SC, 2016.

YABE, Maria; OLIVEIRA, Elizabeth. **Metais pesados em águas superficiais como estratégia de caracterização de bacias hidrográficas**. 1998. Química Nova, 21:551-556.