

# As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 4

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)



Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a  
Economia e o Meio Ambiente 4

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará



Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 4 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 4)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-433-7 DOI 10.22533/at.ed.337192506  1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série.  CDD 658.5
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
VARIAÇÃO ESTACIONAL DA OFERTA E DO PREÇO DE TOMATE LONGA VIDA EM MINAS GERAIS	
Luis Felipe Lima e Silva Douglas Correa de Souza Wilson Roberto Maluf	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3371925061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
ANÁLISE DA CINÉTICA DE SECAGEM DO NABO JAPONES ( <i>Raphanus Sativus Var. Acanthioformis</i> ) E DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DIFUSIVO DE TRANSFERÊNCIA DE MASSA	
Thayná de Lima Costa Keyvlin dos Santos Pais Marcela Felix dos Santos Monique Mendes dos Santos Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3371925062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>22</b>
CINÉTICA DE SECAGEM DE YACON ( <i>Smallanthus sonchifolius</i> ) E AVALIAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS	
Luan Gustavo dos Santos Thais de Freitas Brauna Joice Cristina Catache Menezes Rosângela Cacho Ferreira Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3371925063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>31</b>
CINÉTICA DE SECAGEM DA FRUTA DE NONI ( <i>Morinda citrifolia linn</i> ): INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA DIFUSIVIDADE EFETIVA	
Thayná de Lima Costa Fernanda de Oliveira Coaresma Bruna Martinhago Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3371925064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>40</b>
AVALIAÇÃO DE MODELOS DE SECAGEM E DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DIFUSIVO DE CARÁ ( <i>Dioscorea alata</i> )	
Luan Gustavo dos Santos Cristian Rocha da Silva Marcela Felix dos Santos Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3371925065</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 49**

TRATAMENTO DE CASTANHA DE CAJU POR RADIAÇÃO UV-C DE LED PARA REDUÇÃO DE BOLORES

Leticia Cabrera Parra Bortoluzzi  
Iasmim Pereira de Moraes  
Ana Rita Zulim Leite  
Brenda Dall Molin  
Sidnei Macedo Pereira Filho  
Márcia Regina Ferreira Geraldo Perdoncini  
Fabio Henrique Polisel Scapel  
Roberto Ribeiro Neli  
Roberta de Souza Leone  
Heron Oliveira dos Santos Lima

**DOI 10.22533/at.ed.3371925066**

**CAPÍTULO 7 ..... 58**

AVALIAÇÃO DA AÇÃO ANTIFÚNGICA DOS EXTRATOS BRUTOS DE MUTAMBA E CATUABA CONTRA O FUNGO *Botrytis cinerea*

Amanda Correia Gardenal  
Ana Rita Zulim Leite  
Iasmim Pereira de Moraes  
João Carlos Palazzo de Mello  
Daniela Cristina de Medeiros  
Danielly Chierrito de Oliveira Tolentino  
Mariane Roberta Ritter  
Naiara Cássia Gancedo  
Sharize Betoni Galende  
André Oliveira Fernandes da Silva  
Leila Larisa Medeiros Marques  
Márcia Regina Ferreira Geraldo Perdoncini

**DOI 10.22533/at.ed.3371925067**

**CAPÍTULO 8 ..... 67**

COMPARAÇÃO DE LEVEDURAS CERVEJEIRAS SECA E ÚMIDA

Camila A. Carazzato  
Mário L. Lopes  
Sandra H. da Cruz

**DOI 10.22533/at.ed.3371925068**

**CAPÍTULO 9 ..... 76**

INFLUÊNCIA DO USO DE TRAÇADOR COLORIDO NO CULTIVO EM ESTADO SÓLIDO

Marianny Silva Canedo  
Lucas Portilho da Cunha  
João Paulo Henrique  
João Cláudio Thoméo

**DOI 10.22533/at.ed.3371925069**

**CAPÍTULO 10 ..... 85**

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE CUPCAKES COM FARINHA DE TARO (*Colocasia esculenta*) COMO ALTERNATIVA NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS PARA PORTADORES DE DOENÇA CELÍACA

Pedro Garcia Pereira da Silva  
Aline Rodrigues Pontes  
Gisele Fernanda Alves da Silva  
Marcello Lima Bertuci  
Tuany Yuri Kuboyama Nogueira

**DOI 10.22533/at.ed.33719250610**

**CAPÍTULO 11 ..... 91**

OTIMIZAÇÃO DE FORMULAÇÃO DE BISCOITO TIPO COOKIE ISENTO DE GLÚTEN UTILIZANDO FARINHA DE ARROZ, TEFF E SORGO

Geovana Teixeira de Castro  
Luiza Pelinson Tridapalli  
Angélica Maria Delovo Fernandes  
Flávia Aparecida Reitz Cardoso  
Leila Larisa Medeiros Marques  
Renata Hernandez Barros Fuchs  
Adriana Aparecida Droval  
Hellen Fernanda da Silva Paulino  
Lucas de Souza Nespeca  
Beatriz Musi Sarris Gomes Lourenço  
Leonardo Vasconcelos Jacovassi  
Pamela da Silva Souza

**DOI 10.22533/at.ed.33719250611**

**CAPÍTULO 12 ..... 100**

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE TRÊS MARCAS DE BACON COMERCIAL

Bruna Grassetti Fonseca  
Bianca Guimarães  
Maria Julia Neves Martins  
Ana Carolina Conti e Silva

**DOI 10.22533/at.ed.33719250612**

**CAPÍTULO 13 ..... 108**

DESENVOLVIMENTO DE LOMBO DEFUMADO PRODUZIDO COM CARNE DE JAVALI

Lucas de Souza Nespeca  
Camila da Silva Venancio  
Ana Claudia Montuan de Sousa  
Adriana Aparecida Droval  
Leila Larisa Medeiros Marques  
Renata Hernandez Barros Fuchs  
Flávia Aparecida Reitz Cardoso  
Natália da Silva Leitão Peres  
Angélica Maria Delovo Fernandes  
Lucas Shinti Iwamura  
Larissa Correa

**DOI 10.22533/at.ed.33719250613**



**CAPÍTULO 14 ..... 118**

**OTIMIZAÇÃO DE MORTADELA COM APLICAÇÃO DE MACA PERUANA**

Natália da Silva Leitão Peres  
Letícia Cabrera Parra Bortoluzzi  
Adriana Aparecida Droval  
Leila Larisa Medeiros Marques  
Flávia Aparecida Reitz Cardoso  
Renata Hernandez BarrosFuchs  
Camila da Silva Venancio  
Lucas de Souza Nespeca  
Luiza Pelinson Tridapalli  
Lucas Shinti Iwamura  
Larissa Correa  
Angélica Maria Delovo Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.33719250614**

**CAPÍTULO 15 ..... 127**

**CARACTERIZAÇÃO DA GELATINA OBTIDA DA PELE DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

Bárbara de Sena Nunes Menezes  
Beatriz Helena Paschoalinotto  
Camila da Silva Venancio  
Flávia Aparecida Reitz Cardoso  
Adriana Aparecida Droval  
Renata Hernandez Barros Fuchs  
Pâmela da Silva Souza  
Natália da Silva Leitão Peres  
Maria Gabriella Felipe Silva  
Leila Larisa Medeiros Marques  
Larissa Correa  
Lucas Shinti Iwamura

**DOI 10.22533/at.ed.33719250615**

**CAPÍTULO 16 ..... 137**

**PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROCAPSULAS POLI (UREIA-FORMALDEÍDO) PREENCHIDAS COM ÓLEO DE SILICONE COMO INIBIDOR DE CORROSAO PARA APLICAÇÃO EM TINTAS**

Renata França Palhano  
Rogério Gomes de Araújo

**DOI 10.22533/at.ed.33719250616**

**CAPÍTULO 17 ..... 152**

**REMOÇÃO DE Cu(II) POR ADSORÇÃO EMPREGANDO CASCA DE COCO MODIFICADA COM FORMALDEÍDO POLIMERIZADO**

José Eduardo da Silva  
Francisco Idelbrando Lima Rodrigues  
Sara Nóbrega Pacífico  
Aline Sales Ferreira  
Leonardo Félix Santiago  
Luisa Celia Melo Pacheco  
Francisco André Andrade Aguiar  
Vicente Oliveira de Sousa Neto

**DOI 10.22533/at.ed.33719250617**

**CAPÍTULO 18 ..... 163**

ENTALPIA E ENTROPIA DE SORÇÃO DE ÁGUA DA FARINHA DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule Aellen*)

Julles Mitoura dos Santos Junior  
Mona Mellissa Oliveira Cruz  
Augusto Pumacahua Ramos  
Diana Maria Cano Higueta  
Romildo Martins Sampaio  
Harvey Alexander Villa Vélez

**DOI 10.22533/at.ed.33719250618**

**CAPÍTULO 19 ..... 178**

NANOTECNOLOGIA E MEDICINA: NOVAS PERSPECTIVAS PARA O FUTURO

Gustavo Marquezi Borges  
Douglas Daniel Dalle Corte  
Iago Bissani Pesavento  
Odirlei Antônio Magnagnagno

**DOI 10.22533/at.ed.33719250619**

**CAPÍTULO 20 ..... 186**

RISCO E DOLO EVENTUAL NA INTERFACE ENTRE ENGENHARIA E DIREITO

Antonio Maria Claret-Gouveia  
Alberto Frederico Vieira de Sousa-Gouveia  
Miguel Paganin Neto

**DOI 10.22533/at.ed.33719250620**

**CAPÍTULO 21 ..... 199**

AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA EM POSTOS DE TRABALHO DE MARCENARIAS NA CIDADE DE MOSSORÓ – RN

Bruno Ítalo Franco de Oliveira  
Fabrícia Nascimento de Oliveira  
Carolina Mendes Lemos  
João Márcio Rebouças Araújo  
Thaynon Brendon Pinto Noronha  
Wandick Nascimento Dantas  
Pedro Renato Moraes Salgado  
Anderson Nunes Silva  
Ana Victoria Carlos Almeida  
Luara Karolinny Machado de Oliveira  
Jerfson Moura Lima

**DOI 10.22533/at.ed.33719250621**

**CAPÍTULO 22 ..... 216**

COMO A DISSEMINAÇÃO EFICIENTE DAS POLÍTICAS DE TI PODE INFLUENCIAR NA MELHORIA DOS SERVIÇOS PRESTADOS À CIDADE

Luiz Fernando Rocha Pombo  
Ana Paula Guzela Bertolin

**DOI 10.22533/at.ed.33719250622**

**CAPÍTULO 23 ..... 228**

ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO DE EXECUÇÃO DE ALGORITMOS NO CUDA E NO OPENCL

Antonio Raian de Lima Mendes

Angelo Amâncio Duarte

**DOI 10.22533/at.ed.33719250623**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 234**

## REMOÇÃO DE CU(II) POR ADSORÇÃO EMPREGANDO CASCA DE COCO MODIFICADA COM FORMALDEÍDO POLIMERIZADO

### **José Eduardo da Silva**

Departamento de Química – Centro de Educação  
Ciência e Tecnologia da Região dos Inhamuns  
CECITEC– Universidade Estadual do Ceará, Rua  
Solon Medeiros, S/N - BR 020 Tauá - CE - Cep:  
63.660-000 – Fax: (88) 3437 1772.

### **Francisco Idelbrando Lima Rodrigues**

Departamento de Química – Centro de Educação  
Ciência e Tecnologia da Região dos Inhamuns  
CECITEC– Universidade Estadual do Ceará, Rua  
Solon Medeiros, S/N - BR 020 Tauá - CE - Cep:  
63.660-000 – Fax: (88) 3437 1772.

### **Sara Nóbrega Pacífico**

Departamento de Química – Centro de Educação  
Ciência e Tecnologia da Região dos Inhamuns  
CECITEC– Universidade Estadual do Ceará, Rua  
Solon Medeiros, S/N - BR 020 Tauá - CE - Cep:  
63.660-000 – Fax: (88) 3437 1772.

### **Aline Sales Ferreira**

Departamento de Química – Centro de Educação  
Ciência e Tecnologia da Região dos Inhamuns  
CECITEC– Universidade Estadual do Ceará, Rua  
Solon Medeiros, S/N - BR 020 Tauá - CE - Cep:  
63.660-000 – Fax: (88) 3437 1772.

### **Leonardo Félix Santiago**

Departamento de Química – Centro de Educação  
Ciência e Tecnologia da Região dos Inhamuns  
CECITEC– Universidade Estadual do Ceará, Rua  
Solon Medeiros, S/N - BR 020 Tauá - CE - Cep:  
63.660-000 – Fax: (88) 3437 1772.

### **Luisa Celia Melo Pacheco**

CECITEC– Universidade Estadual do Ceará, Rua  
Solon Medeiros, S/N - BR 020 Tauá - CE - Cep:

63.660-000 – Fax: (88) 3437 1772 – CECITEC–  
Universidade Estadual do Ceará, Rua Solon  
Medeiros, S/N - BR 020 Tauá - CE - Cep: 63.660-  
000 – Fax: (88) 3437 1772

### **Francisco André Andrade Aguiar**

CECITEC– Universidade Estadual do Ceará, Rua  
Solon Medeiros, S/N - BR 020 Tauá - CE - Cep:  
63.660-000 – Fax: (88) 3437 1772 – CECITEC–  
Universidade Estadual do Ceará, Rua Solon  
Medeiros, S/N - BR 020 Tauá - CE - Cep: 63.660-  
000 – Fax: (88) 3437 1772

### **Vicente Oliveira de Sousa Neto**

Universidade Federal do Ceará, Departamento  
de Química Analítica e Físico Química Campus  
do Pici, Centro de 15 Ciências, Bloco 940-CEP:  
60451-970, Fortaleza, Ceará;

**RESUMO:** As cascas de coco são resíduos oriundos da agricultura com grande potencial de reaproveitamento e de grande disponibilidade. Este trabalho se propõe a fazer um estudo de mecanismo de transferência de massa e de coluna de adsorção em leito fixo, utilizando a casca de coco tratada com solução de formaldeído polimerizado (CCFP). O estudo de mecanismo do adsorbente C mostrou que o processo de adsorção de Cu(II) envolve uma difusão intrafilme e que os dados adequaram-se bem ao modelo de Weber- Morris e Boyd. Os modelos aplicados para o estudo de coluna foram de Thomas e Yoon-Nelson, aplicando o

método não linear a partir da função erro  $c_2$ . Em que a constante de Thomas foi  $6,0 \times 10^{-4} \text{ L.mg.min}^{-1}$  para as concentração de  $500 \text{ mg.L}^{-1}$ , com uma valor de  $c_2$  igual a 0,13 para o modelo de Thomas e 0,14 para o modelo de Yoon-Nelson.

**PALAVRAS CHAVE:** Cobre, bioadsorbente, mecanismo

**ABSTRACT:** The coconut shells are residues from agriculture with high potential for reuse and high availability. This paper aims to make a mass transfer mechanism of study and adsorption column in fixed bed, using coconut shell treated with polymerized formaldehyde solution (CCFP). The adsorbent mechanism study showed that the Cu adsorption process (II) involves an intrafilme broadcast and the data-model have adapted well to the Weber-Morris and Boyd. The models applied to the column study were Thomas and Yoon-Nelson, applying the non-linear method from the function error  $c^2$ . In the Thomas constant was  $6,0 \times 10^{-4} \text{ L.mg.h}^{-1}$  for concentration of  $500 \text{ mg.L}^{-1}$ ,  $c^2$  0.13 for the model Thomas and 0.14 for the model Yoon-Nelson.

**KEYWORDS:** copper, bioadsorbent, mechanism

## 1 | INTRODUÇÃO

Os metais pesados são conhecidos por serem altamente tóxicos em baixíssimas concentrações na água. Sendo assim, numerosos estudos tem sido dedicados à sua remoção em limites aceitáveis do ponto de vista ambiental (SOUSA NETO 2012).

A adsorção é uma operação de transferência de massa do tipo sólido fluido na qual se explora a habilidade de certos sólidos em concentrar na sua superfície determinadas substâncias existentes em soluções líquidas ou gasosas, o que permite separá-las dos demais Componentes dessas soluções (SCHNEIDER, 2008). Denomina-se adsorbente a espécie que se adsorve à superfície sólida e o sólido com essa propriedade é chamado adsorbente.

Modelos de difusão são utilizados para examinar o mecanismo controlador do processo de adsorção, tais como, reação química, controle da difusão e transferência de massa. Contudo, os modelos empregados com maior frequência são os de Weber-Morris e o Modelo de Boyd (VIEIRA, 2009). Weber-Morris (1963) constatou que, em muitos casos de adsorção, o adsorbato varia quase proporcionalmente com o  $t^{1/2}$  do que com o tempo de contato  $t$  (ALKAN et al, 2007.), conforme a equação 1.

$$qt = K_d t^{1/2} + C \quad (\text{Equação 1})$$

Onde  $qt$  é a quantidade do adsorbato adsorvido ( $\text{mg.g}^{-1}$ ),  $t$  (min) é o tempo de agitação e  $C$  ( $\text{mg.g}^{-1}$ ) é uma constante relacionada com a resistência à difusão.

Aplicando-se uma regressão linear o valor de  $k_d$  ( $\text{mg.g}^{-1}\text{min}^{-0,5}$ ) pode ser obtido da inclinação da reta e o valor de  $C$  pode ser adquirido a partir do coeficiente linear da



equação da reta  $qt$  versus  $t^{0.5}$ . O modelo de Webber-Morris sugere que se o primeiro segmento de reta (estágios iniciais de adsorção) possuir coeficiente linear igual a zero ( $C=0$ ), ou seja, o segmento de reta cortar a origem, então a difusão intraporo controla o processo de adsorção. Entretanto se o coeficiente linear for diferente de zero ( $C \neq 0$ ) então o processo que controla a adsorção pode ser uma difusão intrafilme, cuja espessura é atribuída ao coeficiente linear ( $C$ ) em  $mg.g^{-1}$  (SOUSA NETO, 2012).

Há estudos que mostraram que o gráfico pode apresentar uma multilinearidade, a qual caracteriza os diferentes estágios na adsorção: transferência de massa externa seguida por difusão intraporo no macro, meso e microporo (CARVALHO et al., 2010). Uma vez determinado a constante de difusão  $k_{di}$  é possível determinar o coeficiente de difusão  $D$  ( $cm^2.min^{-1}$ ) através da equação 2.

$$K_{di} = \left(\frac{3q_e}{d}\right) \sqrt{\frac{D}{\pi}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde  $K_{di}$ - taxa de Difusão  $q_e$ - Capacidade de adsorção no equilíbrio. Para se determinar se o processo de adsorção ocorre através de difusão intrafilme ou um mecanismo intraporo (intrapartícula) os dados cinéticos foram investigados pelo modelo de Boyd (BOYD et al, 1947 a e b).

Uma difusão intrafilme é determinada pela espessura do filme (filme formado pelo solvente que envolve o adsorbente e está relacionado ao valor de  $C$  na constante de Webber-Morris). Se a difusão no interior dos poros (ou seja se o filme que recobre o adsorbente não determina limitante do processo de adsorção então o resultado pode ser expresso pela equação 3.

$$F = 1 - \left(\frac{6}{\pi^2}\right) \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{n^2}\right) e^{(-\pi^2 Bt)} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde  $B$  é uma constante,  $F$  representa a capacidade fracionada que é obtido pela equação 4.

$$F = \frac{q_t}{q_e} \quad (\text{Equação 4})$$

O valor de  $Bt$  é determinado a partir da combinação das equações 5 e 6, desenvolvidas por (REICHENBERG, 1953):

$$BT = -0.4977 - \ln(1 - F) \quad (\text{Equação 5})$$

$$Bt = (\sqrt{\pi} - \sqrt{\pi - \frac{\pi^2 F}{3}}) \quad (\text{Equação 6})$$

Termo Bt é calculado para cada valor de F, e, em seguida, os valores resultantes de Bt são traçados contra t. Se o gráfico gerar uma reta que atravessa a origem é possível concluir que o processo de difusão intraporo é a etapa limitante do processo de adsorção para a faixa de tempo especificada. A inclinação é igual a constante B (constante de Boyd). O coeficiente de difusão D (cm<sup>2</sup>.min<sup>-1</sup>) está relacionado a constante de Boyd, através da equação 7.

$$B = \left(\frac{\pi^2 D}{d^2}\right) \quad (\text{Equação 7})$$

Onde: D - Diâmetro médio das partículas (cm) B - constante de Boyd. No estudo de coluna empregou-se o modelo não linear de Thomas e Yoon-Nelson. O modelo de Thomas Tradicionalmente é utilizado para determinar a capacidade máxima de adsorção de um adsorbente em sistemas contínuos. O modelo de Thomas pode ser expresso pelas equação 8 (AKSU; GÖNEN, 2004).

$$\frac{C_e}{C_o} = \frac{1}{1 + e^{\left[\frac{k_{TH} q_o m}{F} - k_{TH} C_o t\right]}} \quad (\text{Equação 8})$$

Onde: Ce - Concentração do adsorbato no equilíbrio Co - Concentração inicial KTh- Constante de Thomas

Yoon & Nelson (*apud* IPEK *et al.*, 2013) desenvolveram um modelo relativamente simples, abordando o processo de adsorção de gases no que diz respeito ao carvão ativado. Este modelo não só é mais simples do que os outros modelos como também não exige dados detalhados relativos às características do soluto, ao tipo de adsorbente e às propriedades físicas do leito. A equação 9 não linear para este modelo é expressa como:

$$\frac{C_e}{C_o} = \frac{1}{1 + \exp[k(\tau - t)]} \quad (\text{Equação 9})$$

Onde: t significa Tempo de 50% da saturação da coluna. A função estatística Qui-

quadrado ( $\chi^2$ ), é basicamente, a soma dos quadrados das diferenças entre os dados experimentais e os dados previstos teoricamente dos modelos. Dado pela equação 10.

$$\chi^2 = \sum \frac{(q_{exp} - q_{cal})^2}{q_{cal}} \quad (\text{Equação 10})$$

Onde:  $q_{exp}$  - Capacidade de adsorção experimental  $q_{cal}$  - Capacidade de adsorção teórica. Diante do exposto o objetivo do trabalho é estudar a capacidade de adsorção da casca de coco modificado com formaldeído polimerizado em solução sintética de Cu(II) para remover Cu (II) da água.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Adsorbente (BC)

A casca de coco verde (BC) foi adquirido na EMBRAPA- Agroindústria Tropical, (Fortaleza, Ceará). A casca do coco foi seca a luz solar por 24 horas, foi cortada em pequenas frações e trituradas e depois separadas de 60-100 mesh. As frações foram secas a 60°C em estufa e posteriormente acondicionada em dessecador.

### 2.2 Reagentes químicos

As soluções e reagentes que foram utilizados para determinação dos íons metálicos eram todos de grau analítico, são eles: Etilenodiaminotetracético (EDTA), indicador murexida, tampão de amônia usando hidróxido de amônio (NH<sub>4</sub>OH) e cloreto de amônio (NH<sub>4</sub>)Cl, NaOH (hidróxido de sódio) e CuSO<sub>4</sub> (sulfato de cobre) 100-400 mg.l<sup>-1</sup>, tampão acetato, com PH 5,5.

### 2.3 Modificação com formaldeído polimerizado (CCFP)

A casca de coco não modificado foi tratado com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e HCHO 37% de acordo com uma adaptação do método de modificação proposta por (NOELINE; ANIRUDHAN; MANOHAR 2005). Em um béquer a mistura foi aquecida a 60°C por 5h sob agitador magnético Biomixer 78HW-1, com velocidade 150 rpm (rotações por minuto). O CCFP (casca de coco /formaldeído polimerizado) obtido foi filtrado, lavado entre 5 a 8 vezes, em seguida foi secada em estufa a 60°C por uma noite.

### 2.4 Estudo de Cinética e Mecanismo

O estudo de mecanismo foi realizado mediante a retirada das amostras do banho de equilíbrio a 25°C em intervalos de tempo de 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 30, 40 e 50 minutos sob agitação em agitador orbital Quimis Q-228-21 com velocidade de 150 rpm (rotações por minuto). A massa do adsorbente empregada foi de 50 mg em frascos

cônicos com 25 ml de solução de Cu(II). Após cada tempo, a solução foi filtrada e o metal foi determinado por titulação.

## 2.5 Estudo de Coluna de leito Fixo

Os experimentos de adsorção em coluna empregou 1,0 grama do adsorbente CCFP. A altura resultando foi 4 cm em uma coluna de vidro (1,0 cm de diâmetro interno e 50 cm de altura). Sendo utilizada uma solução sintética de 500 mg.L<sup>-1</sup> de Cu (II), com o auxílio de uma bomba peristáltica em um fluxo volumétrico constante de 4 mL.min<sup>-1</sup>. As amostras foram coletadas em intervalos de 3 minutos. As concentrações de Cu(II) na amostra foram determinadas usando o método complexiométrico.

## 2.6 Potencial de carga Zero (PZC)

Um índice conveniente que revela a propensão da superfície se tornar positiva ou negativamente carregada em função do pH, é o valor de pH requerido para que a carga elétrica líquida da superfície seja zero valores de pH inferiores ao (pHPZC) indicam que a carga superficial é positiva e portanto a adsorção de ânions é favorecida. Para valores de pH superiores ao (pHPZC) a carga superficial é negativa e a adsorção de cátions é favorecida (AL-DEGS, 2000; APEEL *et al*, 2003 *apud* SOUSA NETO, 2012).

# 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1 Influência da Concentração na Adsorção

A Figura 1 mostra a capacidade de adsorção  $t$  vs  $q$  até atingir o equilíbrio para diferentes concentrações de solução sintética de Cu(II). Na figura 1 é possível perceber que houve um aumento da taxa de adsorção quando a concentração aumentou.

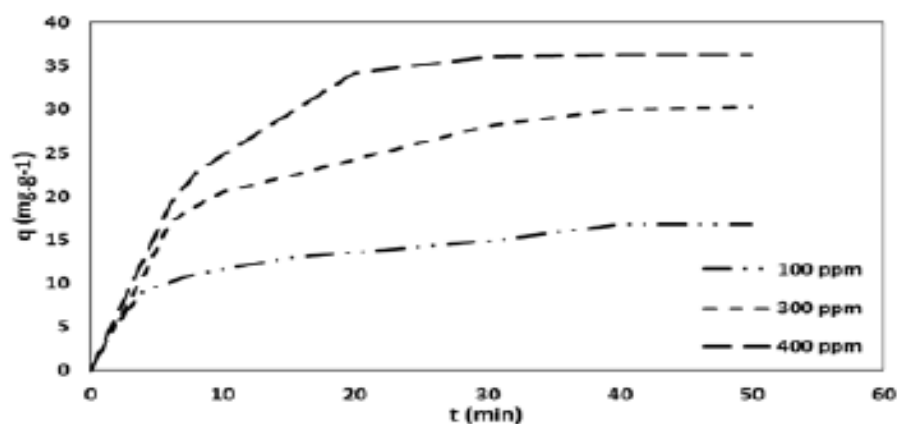


Figura 1. Cinética de adsorção do Cu(II) em soluções sintética (100 mg.L<sup>-1</sup>, 300 mg.L<sup>-1</sup>, 400 mg.L<sup>-1</sup>) sobre o bagaço modificado CCFP. Condições experimentais a pH = 5,5.

## 3.2 Aplicação do modelo de difusão sobre o adsorbente CCFP.

A Figura 2 mostra o modelo de difusão proposta por Webber-Morris. Mostra que

existe uma boa concordância entre os dados teóricos e experimentais indicando que o modelo descreve bem o mecanismo de adsorção. O equilíbrio foi alcançado quando  $q(\text{mg.g}^{-1})$  não sofreu mudanças com o passar do tempo e se observou uma linha horizontal.

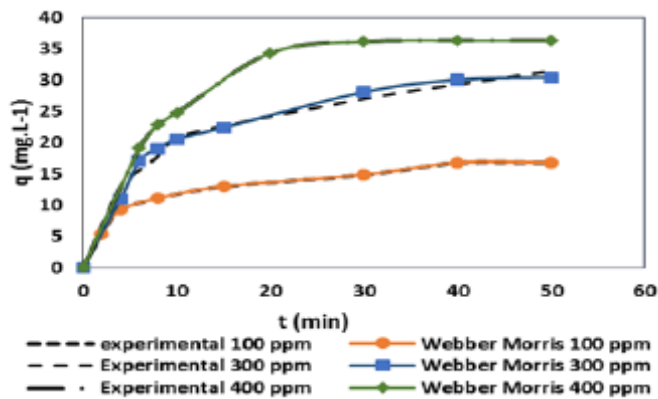


Figura 2. Dados experimentais e teóricos aplicando o modelo de difusão intrafilme de Weber-Morris obtidos no estudo de adsorção do Cu(II) em soluções sintéticas 100 mg.L<sup>-1</sup>, 300 mg.L<sup>-1</sup> e 400 mg.L<sup>-1</sup> sobre a casca modificada CCFP. Condições experimentais: pH=6,5. Agitação 150 rpm.

A Figura 3 mostra as etapas envolvidas na adsorção de Cu(II), sobre a superfície do adsorbente CCFP. Verifica-se que para o intervalo de tempo de 2 - 15 minutos predominou a difusão intrafilme, com coeficiente linear C igual 1,61 mg.g<sup>-1</sup> diferente de zero (C≠0), com o K<sub>di</sub> igual a 5,71 mg.g<sup>-1</sup>.t<sup>-1/2</sup>. Porém com um valor de C pequeno o que causa dúvida relacionado a tempo menor que 2 min.

Na etapa II observa-se que houve uma redução na constante de difusão cujo valor encontrado foi de  $k_{di(II)} = 2,72 \text{ mg.g}^{-1}.t^{1/2}$  e que a espessura do filme foi de 12,12 mg.g<sup>-1</sup>. Este efeito indica a diminuição da difusão até alcançar o equilíbrio (etapa II).

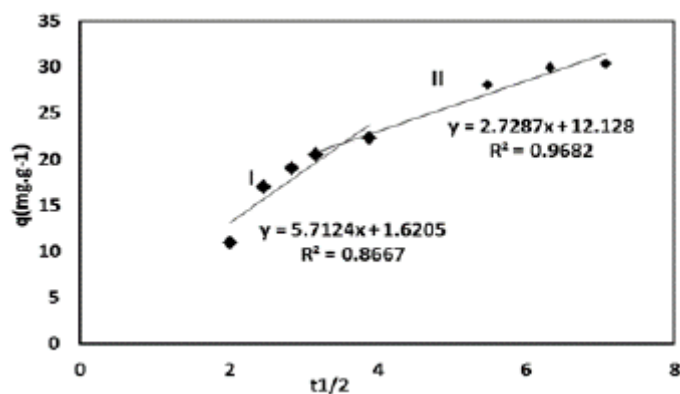


Figura 3. Mecanismo de difusão de Weber-Morris aplicado a adsorção do Cu(II) em solução sintética (300 mg.L<sup>-1</sup>) sobre o bagaço modificada CCFP. Condições experimentais: pH= 5,5; Agitação 150rpm.

Os parâmetros relacionados a taxa de difusão  $k_{di}$  e coeficiente e de difusão D do modelo de Weber-Morris foram determinados empregando-se as equações 1 e 2 respectivamente. Esse modelo foi usado em todas as concentrações estudadas. Os



dados estão resumidos nas tabelas 1, 2 e 3.

O modelo de Boyd foi aplicado às concentrações de 100 e 300 e 400 mg.L<sup>-1</sup>. Os resultados mostram que a taxa de difusão (K<sub>di</sub>) e coeficiente de difusão (D) diminuem na etapa II em relação a etapa I para todas as concentrações estudadas. Já a constante C que representa a espessura do filme, há um aumento da etapa I para etapa II em todas as concentrações. Os dados são concordantes, pois, nos tempos iniciais há um maior número de sítios disponíveis, enquanto que na etapa II houve uma redução, pois, a maior parte dos sítios disponíveis foram preenchidos na etapa I. O que também contribuiu para queda da taxa de difusão inicial (K<sub>di</sub> II) na etapa II foi o aumento de x2 reduzindo difusão do Cu(II) com a formação do filme, como mostrado na Figura 4.

O modelo de Boyd sugere que o processo de difusão se deu por intraporo, por ser mais preciso em tempos menores.

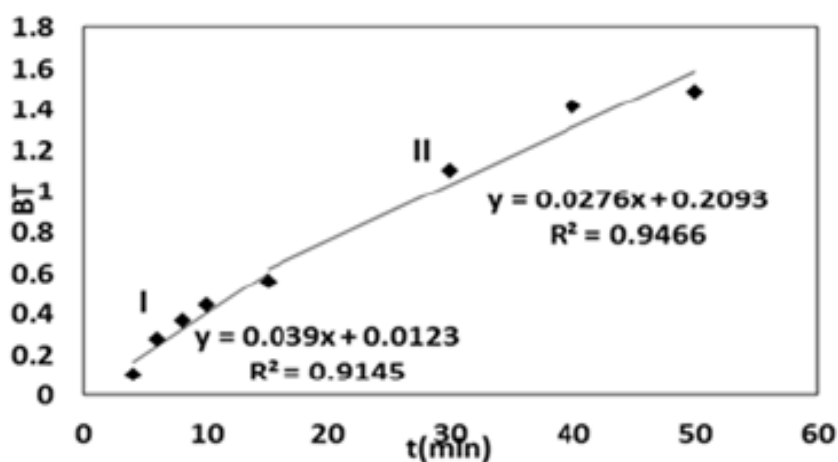


Figura 4. Mecanismo de difusão intraporo de Boyd aplicado a adsorção do Cu(II) em solução sintética (300 mg.L<sup>-1</sup>) sobre o bagaço modificado CCFP, PH=5,5, Tampão acetato.

Modelo de difusão de Webber Morris							
I				II			
K <sub>di</sub> (mg.g <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	C <sub>1</sub> (mg.g <sup>-1</sup> )	D cm <sup>2</sup> .min <sup>-1</sup>	R <sup>2</sup>	K <sub>di</sub> (mg.g <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	C <sub>1</sub> (mg.g <sup>-1</sup> )	D cm <sup>2</sup> .min <sup>-1</sup>	R <sup>2</sup>
2,89	2,34	4,0x10 <sup>-2</sup>	0,909	1,28	8,04	2,7x10 <sup>-2</sup>	0,946
Modelo de difusão de Boyd							
I			II				
B	D (cm <sup>2</sup> min <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	B	D (cm <sup>2</sup> min <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>		
6,3x10 <sup>-2</sup>	2,1x10 <sup>-6</sup>	0,947	3,7x10 <sup>-2</sup>	1,2x10 <sup>-4</sup>	0,9441		

Tabela 1. Parâmetros dos modelos de difusão de Webber-Morris e Boyd para o estudo de mecanismo de adsorção de Cu(II) no adsorbente CCFP. Condições experimentais 100 mg. L<sup>-1</sup>.

Modelo de difusão de Webber Morris							
I				II			
$K_{di}$ ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$C_1$ ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )	$D$ $\text{cm}^2\cdot\text{min}^{-1}$	$R^2$	$K_{di}$ ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$C_1$ ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )	$D$ $\text{cm}^2\cdot\text{min}^{-1}$	$R^2$
5,71	1,61	$4,1\times 10^{-2}$	0,866	2,72	12,12	$2,8\times 10^{-4}$	0,968

Modelo de difusão de Boyd					
I			II		
B	D	$R^2$	B	D	$R^2$
	( $\text{cm}^2\cdot\text{min}^{-1}$ )			( $\text{cm}^2\cdot\text{min}^{-1}$ )	
$3,9\times 10^{-2}$	$1,3\times 10^{-6}$	0,914	$2,7\times 10^{-2}$	$9,1\times 10^{-7}$	0,942

Tabela 2. Parâmetros dos modelos de difusão de Webber-Morris para o estudo de mecanismo de adsorção de Cu(II) no adsorbente CCFP. Condições experimentais 300 mg.L-1.

Modelo de difusão de Webber Morris							
I				II			
$K_{dl}$ ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$C_1$ ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )	$D$ $\text{cm}^2\cdot\text{min}^{-1}$	$R^2$	$K_{dl}$ ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$C_1$ ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )	$D$ $\text{cm}^2\cdot\text{min}^{-1}$	$R^2$
7,36	1,45	$4,3\times 10^{-2}$	0,995	0,74	31,36	$1,3\times 10^{-2}$	0,734

Modelo de difusão de Boyd					
I			II		
B	D	$R^2$	B	D	$R^2$
	( $\text{cm}^2\cdot\text{min}^{-1}$ )			( $\text{cm}^2\cdot\text{min}^{-1}$ )	
$8,1\times 10^{-2}$	$2,7\times 10^{-6}$	0,984	$6,2\times 10^{-3}$	$2,1\times 10^{-7}$	0,733

Tabela 3. Parâmetros dos modelos de difusão de Webber-Morris para o estudo de mecanismo de adsorção de Cu (II) no adsorbente CCFP. Condições experimentais 400 mg.L-1.

### 3.3 Potencial de Carga Zero

A modificação trouxe grandes mudanças no valor do pH(PZC). Na amostra não modificada CC o pH(PZC) determinado foi 4,5. Esse valor foi reduzido a 2,7 após modificação (amostra CCFP). Esse efeito sugere uma considerável alteração na superfície do material modificado.

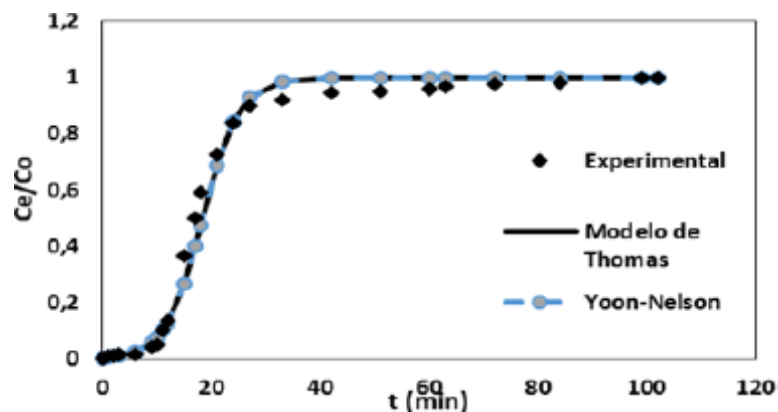


Figura 5. Perfil da curva de coluna de adsorção com os modelos de Thomas e Yoon- Nelson com adsorbente CCFP.Ph 5,5.

### 3.4 Coluna de Adsorção

A Figura 5 mostra o perfil da curva da coluna de adsorção de Cu(II) no adsorbente CCFP empregando regressão não linear. Verifica-se que os dados teóricos e

experimentais são bastante concordantes sugerindo que, tanto o modelo de Thomas como o de Yoon-Nelson descreveram bem o processo de adsorção.

Figura

A capacidade de adsorção da coluna ( $q_m$ ) foi de  $40,45 \text{ mg.g}^{-1}$ , aplicando o modelo não linear de Thomas, o valor de  $q_m$  foi de  $24,50 \text{ mg.g}^{-1}$  e a constante  $k_{TH}$  foi  $6 \times 10^{-4} \text{ mL.(mg.min)}^{-1}$ . O valor da constante  $t(\text{min})$  de Yoon- Nelson que representa o tempo de ruptura a 50% foi de 17 min. O valor experimental de  $t$  foi de 18 min,  $x_2$  foi próximo de zero demonstrando pouco erro. Comparando os dados dos modelos com os dos experimentais observa-se que descreveram bem o processo de adsorção, de acordo com a tabela 4.

Não Linear					
Parâmetros					
Modelo de Thomas	$k_{TH}$	$q_m$	$\chi^2$	$q_{exp}$	$R^2$
	( $\text{g.mg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ )	( $\text{mg.g}^{-1}$ )		( $\text{mg.g}^{-1}$ )	
	$6,0 \times 10^{-4}$	24,50	0,13	40,45	0,999
Modelo de Yoon-Nelson	$t$	$k$	$\chi^2$	$\tau$	$R^2$
	(min)	( $\text{L.min}^{-1}$ )		(min)	
	18,14	0,36	0,14	17	0,995

Tabela 4. Parâmetros dos modelos de adsorção em coluna empregando método não linear. Os dados se referem a adsorção de Cu(II) na amostra de CCFP.

## 4 | CONCLUSÃO

O estudo de adsorção mostrou que a casca de coco verde submetida ao tratamento com formaldeído polimerizado pode ser empregada como bioadsorbente alternativo, e de baixo custo, para ser utilizada na remoção de Cu(II).

O estudo de mecanismo, aplicando os modelos de Webber-Morris e Boyd, sugere que o processo de adsorção, envolve uma difusão intraporo. Os dados teóricos dos modelos foram concordantes com os dados experimentais.

Através do estudo de coluna em leito fixo determinou-se que a capacidade experimental de remoção foi de  $40,5 \text{ mg.g}^{-1}$ , e que os dados teóricos de Thomas e Yoon- Nelson foram concordantes com os dados experimentais.

O adsorbente empregado nesse estudo tem potencial para ser empregado na remoção de metais pesados.

## REFERÊNCIAS

ALKAN, M.; DEMIRBAŞ, Ö.; DOĞAN, M., 2007. *Adsorption kinetics and thermodynamics of an anionic dye onto sepiolite. Microporous and Mesoporous Materials*, 101(3): 388-396. 2007.

- AKSU, Z.; GÖNEN, F. *Biosorption of phenol by immobilized activated sludge in a continuous packed bed: prediction of breakthrough curves*. *Process Biochemistry*, 39: 599–613, 2004.
- BOYD, G. E.; SCHUBERT, J.; AND ADAMSON, A. W. *The exchange adsorption of ions from aqueous solutions by organic zeolites, I: Ion exchange equilibria*, *Journal of the American Chemical Society*. 69, 2818. (1947a).
- BOYD, G. E.; ADAMSON, A. W.; AND MYERS J. R. L. **S**. *The exchange adsorption of ions from aqueous solutions by organic zeolites. II: Kinetics*, *Journal of the American Chemical Society*, 69, 2836 (1947b).
- CARVALHO, T. E. M.; FUNGARO, D. A.; IZIDORO, J. C. *Adsorção do corante reativo laranja 16 de soluções aquosas por zeólita sintética*, *Química Nova* 33, 358 (2010).
- IPEK, I. Y.; KABAY, N.; YÜKSEL, M. *Modeling of fixed bed column studies for removal of boron from geothermal water by selective chelating ion exchange resins*. *Desalination*, 310: 151, 2013.
- NOELINE, B. F.; MANOHAR, D. M.; ANIRUDHAN, T. S. *Kinetic and equilibrium modelling of lead(II) sorption from water and wastewater by polymerized banana stem in a batch reactor*, *Separation and Purification Technology*, 45, 131 (2005).
- REICHENBERG, D. *Properties of ion exchange resins in relation to their structure. III. Kinetics of exchange*, *Journal of the American Chemical Society* 75, 9 (1953).
- SCHNEIDER, E.L. *Adsorção de compostos fenólicos sobre carvão ativado*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2008.
- SOUSA NETO, V. de O. *Modificação química da casca do coco bruto (cocos nucifera) para remoção de Cu(II) de efluente sintético e industrial: estudo de isoterma de adsorção, cinética e coluna de leito fixo*. Tese : *Engenharia Civil-Saneamento Ambiental*. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, 2012.
- VIEIRA, A. P.; SANTANA, S. A. A.; BEZERRA, C.W.B.; SILVA H. A. S.; CHAVES, J. A. P.; MELO, J.C.P.; SILVA, E. C.; AROLDI, A. *Kinetics and thermodynamics of textile dye adsorption from aqueous solutions using babassu coconut mesocarp*. *Journal of Hazardous Materials*, Vol.166, 009.
- WEBER J. R.; W.J, MORRIS, J. C. *Kinetics of adsorption on carbon from solution* *J. Sanit. Eng. Div., Proc. Am. Soc. Civil Eng.*, 89, 31-42 (1963).

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-433-7

