

Princípios de Química

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)



Atena
Editora
Ano 2019

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

Princípios de Química

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^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
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^a Dr^a 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^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a 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.^a Dr.^a 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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
P957	Princípios de química [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-422-1 DOI 10.22533/at.ed.221192406 1. Química – Estudo e ensino. I. Voigt, Carmen Lúcia. CDD 540.7
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Química é a ciência que estuda a estrutura das substâncias, a composição e as propriedades das diferentes matérias, suas transformações e variações de energia. A Química conquistou um lugar central e essencial em todos os assuntos do conhecimento humano, estando interligada com outras ciências como a Biologia, Ciências Ambientais, Física, Medicina e Ciências da Saúde.

Pesquisas na área da Química continuam evoluindo cada dia, sendo benéficas devido maior conscientização de como usar os conhecimentos químicos em prol da qualidade de vida e do desenvolvimento da sociedade; prezando pelo meio ambiente, surgindo assim processos e novas tecnologias com menor agressão e impacto.

Muitas são as fontes degradadoras da natureza, porém os resíduos químicos são considerados os mais agressivos. Ao longo dos anos inúmeros tipos de contaminantes foram lançados no meio ambiente, causando contaminação e poluição em diversos tipos de compartimentos ambientais como solos, rios e mares. O avanço e crescimento industrial no mundo é uma das principais causas da poluição excessiva e liberação de resíduos químicos.

Devido estudos na área da Química é possível realizar remoção de poluentes por diversos processos e o desenvolvimento de técnicas e materiais é abordado neste volume, que trata de processos como adsorção para retirada de contaminantes da natureza. Além destes processos, este volume também trata de novos materiais para aplicação em substituição aos polímeros convencionais, como os biopolímeros, produzidos a partir de matérias-primas de fontes renováveis, ou seja, possuem um ciclo de vida mais curto comparado com fontes fósseis como o petróleo o qual leva milhares de anos para se formar.

Fatores ambientais e sócio-econômicos estão relacionados ao crescente interesse por novas estratégias que buscam alternativas aos produtos e processos convencionais. Neste enfoque, os trabalhos selecionados para este volume oportunizam reflexão e conhecimento na área da Química, abrangendo aspectos favoráveis para ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

Boa leitura.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 1

PRODUÇÃO DE BIOPOLÍMEROS PELAS BACTÉRIAS GLUCONACETOBACTER HANSENI E KOMAGATAEIBACTER RHATICUS EM MEIOS CONTENDO HIDROLISADO DE ARROZ E MILHO

Karina Carvalho de Souza

Gabriela Rodrigues dos Santos

Grazielly Maria Didier de Vasconcelos

Paulo Henrique Marrocos de Oliveira

Yêda Medeiros Bastos de Almeida

Felipe Cunha da Silva Trindade

Glória Maria Vinhas

DOI 10.22533/at.ed.2211924061

CAPÍTULO 2 7

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE ÓRTESE SUROPODÁLICA DE MEMBRO INFERIOR PRODUZIDO COM POLICLORETO DE VINILA (PVC)

Heloisa Barbara Rozario Azevedo

Fabiane De Oliveira Santana

Paula Hortência Santos Magalhães

Maria Karoline Silva Souza

Caio Cezar Neves Kunrath

Menilde Araújo Silva Bião

Franco Dani Rico Amado

Bruno Souza Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.2211924062

CAPÍTULO 3 12

OBTENÇÃO DE REVESTIMENTOS DE DCPD COM INCORPORAÇÃO DO COPOLÍMERO F-127 PELO MÉTODO DE DEPOSIÇÃO ELETROQUÍMICA

Pablo Eduardo Costa dos Santos

Cristiane Xavier Resende

Zaine Teixeira Camargo

DOI 10.22533/at.ed.2211924063

CAPÍTULO 4 19

CARBOXIMETILCELULOSE-G-OLIGO(ÓXIDO DE ETILENO-CO-ÓXIDO DE PROPILENO): EFEITO DA PORCENTAGEM DE ENXERTIA NAS PROPRIEDADES EM MEIO AQUOSO SALINO

Nívia do Nascimento Marques

Rosângela de Carvalho Balaban

Sami Halila

Redouane Borsali

DOI 10.22533/at.ed.2211924064

CAPÍTULO 5 32

PROPRIEDADES MECÂNICAS, TERMOMECÂNICAS, REOMETRIA DE TORQUE E MORFOLOGIA DE BLENDS PS/PP/PP RECICLADO COMPATIBILIZADAS COM O COPOLÍMERO SEBS

Carlos Bruno Barreto Luna

Eduardo da Silva Barbosa Ferreira

Danilo Diniz Siqueira
Edcleide Maria Araújo
Elieber Barros Bezerra

DOI 10.22533/at.ed.2211924065

CAPÍTULO 6 50

SÍNTESE E COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE HPAM TERMORRESPONSIVA

Bruna Luiza Batista de Lima
Nívia do Nascimento Marques
Marcos Antonio Villetti
Rosângela de Carvalho Balaban

DOI 10.22533/at.ed.2211924066

CAPÍTULO 7 58

FILME DE POLICAPROLACTONA REFORÇADOS POR MICROFIBRILAS DE CELULOSE DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea Mart.*)

Rachel Margalho Barreira Valentim
Izael Pinho dos Santos
Victor Soares Pereira
Carmen Gilda Barroso Tavares Dias
Marcos Allan Leite dos Reis

DOI 10.22533/at.ed.2211924067

CAPÍTULO 8 64

AVALIAÇÃO DA BIODEGRADABILIDADE DE FILMES DE AMIDO REFORÇADOS COM NANOCRISTAIS DE CELULOSE DA FIBRA DE COCO VERDE

Ingrid Lessa Leal
Yasmin Carolino da Silva Rosa
Josiane Dantas Viana Barbosa
Janice Izabel Druzian
Bruna Aparecida Souza Machado

DOI 10.22533/at.ed.2211924068

CAPÍTULO 9 74

CARACTERIZAÇÃO DE NANOCRISTAIS DE CELULOSE DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA E APLICAÇÃO EM FILMES DE AMIDO E QUITOSANA

Marina R. d Andrade
Taynã Isis de S. Santana
Bruna A. S. Machado

DOI 10.22533/at.ed.2211924069

CAPÍTULO 10 79

EFFECT OF BIOSURFACTANTS IN PATHOGENIC BACTERIA ADHESION ON THE SURFACE OF FLEXIBLE FILMS

Michel Zampieri Fidelis
Heitor Suyama
Eduardo Abreu
Denise Milleo Almeida
Giane Gonçalves Lenzi

DOI 10.22533/at.ed.22119240610

CAPÍTULO 11	93
UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DE MALTE NA ADSORÇÃO DE GASOLINA PRESENTE EM CORPOS AQUATICOS: ESTUDO EM LEITO DIFERENCIAL	
<i>Fernanda Vieira Amorim</i>	
<i>Márcia Ramos Luiz</i>	
<i>Ewellyn Silva Souza</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240611	
CAPÍTULO 12	105
ESTUDO DA ADSORÇÃO DE COBRE EM LODO RECUPERADO DA CLARIFICAÇÃO DE ÁGUA DE AÇUDE POR ELETROCOAGULAÇÃO/FLOTAÇÃO	
<i>Fábio Erlan Feitosa Maia</i>	
<i>Ronaldo Ferreira do Nascimento</i>	
<i>Eliezer Fares Abdala Neto</i>	
<i>Jefferson Pereira Ribeiro</i>	
<i>Ari Clecius Alves de Lima</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240612	
CAPÍTULO 13	117
ADSORÇÃO DE CO ₂ EM MATERIAL MEOSPOROSO DO TIPO SBA-16 FUNCIONALIZADO	
<i>Táisa Cristine de Moura Dantas</i>	
<i>Eloy Sanz-Pérez</i>	
<i>Raul Sanz</i>	
<i>Amaya Arencibia</i>	
<i>Guillermo Calleja</i>	
<i>Ana Paula de Melo Alves Guedes</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240613	
CAPÍTULO 14	132
CINÉTICA DE ADSORÇÃO DE FURFURAL PELO ADSORVENTE ARGILA BENTONITA	
<i>Riann Queiroz Nóbrega</i>	
<i>Ana Cláudia Rodrigues De Barros</i>	
<i>Lorena Lucena De Medeiros</i>	
<i>Flávio Luiz Honorato Da Silva</i>	
<i>Joelma Moraes Ferreira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240614	
CAPÍTULO 15	140
AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ADSORTIVA DE ARGILA ORGANOFÍLICA ATRAVÉS DE PLANEJAMENTO FATORIAL	
<i>Paulo Henrique Almeida Da Hora</i>	
<i>Líszandra Fernanda Araújo Campos</i>	
<i>Antonio Cícero De Sousa</i>	
<i>Gesivaldo Jesus Alves De Figueiredo</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240615	

CAPÍTULO 16 147

CINÉTICA E MODELAGEM DA CAPTURA DE CO₂ POR MEIO DA REAÇÃO DE CARBONATAÇÃO DO ORTOSILICATO DE LÍTIO

Suélen Maria de Amorim
Michele Di Domenico
Tirzhá Lins Porto Dantas
Humberto Jorge José
Regina de Fatima Peralta Muniz Moreira

DOI 10.22533/at.ed.22119240616

CAPÍTULO 17 157

MODIFICAÇÃO TÉRMICA DA ARGILA BRASGEL VISANDO SUA UTILIZAÇÃO NA REMOÇÃO DE NÍQUEL EM SISTEMA DE BANHO FINITO

Joseane Damasceno Mota
Rochelia Silva Souza Cunha
Patrícia Noemia Mota De Vasconcelos
Meiry Glaucia Freire Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.22119240617

CAPÍTULO 18 166

REMOÇÃO DO CORANTE DIRECT BLACK 22 ATRAVÉS DE ADSORÇÃO

Déborah Fernanda Mamedes da Silva
Deivid Sousa de Figueiroa

DOI 10.22533/at.ed.22119240618

CAPÍTULO 19 177

INFLUÊNCIA DA PRESENÇA DE SAIS NA ADSORÇÃO DO CORANTE VERMELHO PROCION UTILIZANDO ALUMINA ATIVADA

Nathália Favarin da Silva
Enrique Chaves Peres
Guilherme Luiz Dotto

DOI 10.22533/at.ed.22119240619

CAPÍTULO 20 186

ADSORÇÃO DE ÍNDIGO CARMINE UTILIZANDO MICROESFERAS DE ALGINATO (AL) E QUITOSANA (QT) PURAS E DOPADAS COM NÍQUEL E FERRO.

Ana Clara Correia Queiroz da Silva
Francisco Mateus Gomes do Nascimento
Francisco Renan Lima Amorim
Guilherme Augusto Magalhães Júnior
Cícero Pessoa de Moura
Rafael Ribeiro Portela
Mayara Sousa de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.22119240620

CAPÍTULO 21 195

SÍNTESE E APLICAÇÃO DE PENEIRA MOLECULAR ORGANOFÍLICA NA REMOÇÃO DE ÍONS CR(III)

Paulo Henrique Almeida da Hora
Lizandra Fernanda Araújo Campos
Antonio Cícero de Sousa

CAPÍTULO 22 202

BIOSSORÇÃO DE ÍONS CR(VI) EM SOLUÇÃO AQUOSA EMPREGANDO CASCA DE BANANA NANICA

Giovani Santana Silva

Ângelo Capri Neto

Maria da Rosa Capri

DOI 10.22533/at.ed.22119240622

CAPÍTULO 23 215

REMOÇÃO DE CROMO HEXAVALENTE PRESENTE EM SOLUÇÕES SINTÉTICAS DILUÍDAS EMPREGANDO CARVÃO ATIVADO COMERCIAL E CARVÃO VEGETAL PRODUZIDO A PARTIR DA CASCA DE ARROZ

Lúcia Allebrandt da Silva Ries

Joyce Helena da Silveira

DOI 10.22533/at.ed.22119240623

CAPÍTULO 24 227

MANAGEMENT AND CLASSIFICATION OF PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS OF GROUNDWATER

Sharise Beatriz Roberto

Jomar Berton Junior

Rúbia Michele Suzuki

Elton Guntendorfer Bonafé

Makoto Matsushita

Edmilson Antonio Canesin

DOI 10.22533/at.ed.22119240624

CAPÍTULO 25 242

HIDRÓXIDOS DUPLOS LAMINARES PARA REMOÇÃO DE POLUENTES AQUOSOS

María Magdalena Costanzo

Rocio Belén Garate

Nora Alejandra Comelli

Nora Andrea Merino

DOI 10.22533/at.ed.22119240625

CAPÍTULO 26 253

EFEITO DO MÉTODO DE SÍNTESE NAS PROPRIEDADES DO ÓXIDO DE CÉRIO, DESTINADO A FOTOCATÁLISE

Kimberly Paim Abeta

Marie Lídio dos Santos Galvão Ribeiro

Larissa Soares Lima

Leila Maria Aguilera Campos

Sirlene Barbosa Lima

Maria Luiza Andrade da Silva

DOI 10.22533/at.ed.22119240626

CAPÍTULO 27	267
PRINCÍPIOS BÁSICOS DA ESTIMATIVA DE INCERTEZA APLICADOS À MEDIÇÃO DE GRANDEZAS QUÍMICAS	
<i>Cassiano Lino dos Santos Costa</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240627	
CAPÍTULO 28	282
O USO DE REDES SOCIAIS E TECNOLOGIA MÓVEL COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO POR PROFESSORES DA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA (EAD)	
<i>Eziel Cardoso da Silva</i>	
<i>Antonio Zilverlan Geermano Matos</i>	
<i>Marco Aurélio da Silva Coutinho</i>	
<i>Antônio Araújo Rodrigues</i>	
<i>Francisco Dhiêgo Silveira Figueirêdo</i>	
<i>Davi da Silva</i>	
<i>Dihêgo Henrique Lima Damacena</i>	
<i>Francisco Maycon Soares</i>	
<i>Juciane Maria de Sousa dos Santos</i>	
<i>Jose Adriano Cavalcante Alencar</i>	
<i>Enivaldo Pereira dos Santos</i>	
<i>Julianna de Sousa Santos</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240628	
SOBRE A ORGANIZADORA	292

UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DE MALTE NA ADSORÇÃO DE GASOLINA PRESENTE EM CORPOS AQUATICOS: ESTUDO EM LEITO DIFERENCIAL

Fernanda Vieira Amorim

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE),
Departamento de Ciência de Materiais, Recife,
PE.

Márcia Ramos Luiz

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB),
Departamento de Engenharia Sanitária e
Ambiental, Campina Grande, PB.

Ewellyn Silva Souza

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB),
Departamento de Química, Campina Grande, PB.

RESUMO: O Brasil está entre os três maiores produtores de cerveja do mundo, produzindo cerca de 13 milhões de L/ano sendo o terceiro maior produtor de cerveja no mundo, assim tem sido adotado como medida sustentável e ecologicamente correta o reaproveitamento do resíduo gerado na produção de cerveja e utilizando-os como biomassa seca, servindo como bioadsorvente de compostos orgânicos em corpos aquáticos, visando formas alternativas para o seu aproveitamento. A bioadsorção tem sido considerada uma alternativa para tratamentos tradicionais de água tecnologias, por ser ambientalmente amigável e de baixo custo, especialmente quando a biomassa natural é usada. Foram avaliados a cinética de adsorção, isoterma de equilíbrio e sistema de adsorção em leito diferencial. Na cinética de

adsorção verificou-se que o bagaço adsorveu quase 50 % do total do seu contaminante. Para a isoterma de equilíbrio obteve-se um resultado satisfatório com capacidade máxima adsorvida pelo bagaço de aproximadamente 8,0 mL/g e comparando com o ajuste ao modelo de Langmuir a capacidade máxima de adsorção foi de 10,1 mL/g. Para sistema em leito diferencial mostrou que adsorveu quase todo o contaminante, apresentando como um bom adsorvente de composto orgânico, sugerindo estudos futuros, mais aprofundados com o bagaço de cerveja, como aplicação de outras variações de concentrações para melhor análise da máxima adsorção.

PALAVRAS-CHAVE: cinética; isoterma; adsorção; cerveja; leito diferencial.

ABSTRACT: Brazil is among the three largest beer producers in the world, producing around 13 million L/year being the third largest beer producer in the world, so it has been adopted as a sustainable and ecologically correct measure the reuse of the waste generated in the production of beer and using them as dry biomass, serving as bioadsorbent of organic compounds in aquatic bodies, aiming at alternative forms for their use. Biosorption has been considered an alternative to traditional water treatment technologies, as it is environmentally friendly and low cost, especially when natural biomass is used. The

adsorption kinetics, equilibrium isotherm and differential bed adsorption system were evaluated. In the adsorption kinetics it was verified that the bagasse adsorbed almost 50 % of the total of its contaminant. For the equilibrium isotherm, a satisfactory result was obtained with maximum capacity adsorbed by bagasse of approximately 8.0 mL/g and the maximum adsorption capacity of 10.1 mL/g was compared to the Langmuir model. For the differential bed system, it showed that it adsorbed almost all the contaminant, presenting as a good adsorbent of organic compound, suggesting future studies, more in-depth with the beer bagasse, as application of other variations of concentrations for better analysis of the maximum adsorption.

KEYWORDS: kinetics; isotherm; adsorption; beer; differential bed.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil já está entre os três maiores produtores de cerveja do mundo, produzindo cerca de 13 milhões de L/ano e o terceiro maior produtor de cerveja no mundo (MARDEGAN et al., 2013). Em relação ao consumo, o brasileiro consome em média 57 L/ano, ocupando o 4º lugar em consumo, atrás apenas dos EUA, China e Alemanha (EMBRAPA, 2014).

Esta alta produtividade gera um expressivo aumento no volume dos resíduos agroindustriais decorrentes de poluição ambiental e a gestão inadequada dos resíduos agroindustriais são fatores a serem considerados como indicativos de ineficiência produtiva (MARTINS, 2011). Estes resíduos possuem baixo ou nenhum valor econômico e geralmente apresentam problemas de descarte. A conversão desses resíduos para produtos mais nobres agregaria valor econômico, ajudaria a reduzir o custo de descarte dos resíduos (GONÇALVES et al., 2014).

Os contaminantes orgânicos causados pelo desenvolvimento da indústria química e acidentes de derramamento de óleo durante o transporte marítimo levaram a graves problemas ambientais, energia e perda econômica. Portanto, é urgente encontrar métodos e materiais eficazes para remover poluentes orgânicos da água (LI et al., 2017). Além dos acidentes com derramamento de óleo, uma quantidade crescente de águas residuais oleosas industriais e o vazamento de solventes orgânicos insolúveis em água (como benzeno, tolueno, ciclo-hexano, diclorometano, etc.) também ameaçam a saúde pública e o ecossistema terrestre (GE et al., 2016).

O tratamento convencional de água geralmente inclui coagulação e floculação, processos de sedimentação, filtração, adsorção e desinfecção, que preferencialmente removem turbidez, matéria orgânica e patógenos (CRITTENDEN et al., 2005; FONTANA et al., 2018).

O processamento de cerveja é composto por várias operações unitárias, que por sua vez, geram uma quantidade considerável de resíduos sólidos. Nas etapas iniciais de processamento para a produção de cerveja, algumas operações transformam o malte em "mosto pronto" para fermentação, conseqüentemente, sólido e líquido

frações são obtidas. (ZARNKOW, 2014; FRANCISKI et al., 2018).

O bagaço de malte (BM), também conhecido como polpa cervejaria, borra de cervejaria ou bagaço de cerveja é um subproduto da indústria resultante do processo de fermentação ao qual são submetidos os grãos utilizados no processo de cerveja e representa 85% dos subprodutos gerados na indústria cervejeira (AMORIM, 2016; LYNCH et al., 2016).

A bioissorção tem sido considerada uma alternativa para outros tratamentos tradicionais de água tecnologias, por ser ambientalmente amigável e de baixo custo, especialmente quando a biomassa natural é usada (LIU et al., 2009; IBRAHIM et al., 2011).

A técnica de adsorção é superior a outras técnicas devido à fácil regeneração do bioissorvente e por não gerar um lodo químico. Além disso, tem outras vantagens, como ser uma técnica de baixo custo, tem operação prática mecanismo e permite o uso de bioissorventes, que são fáceis de obter e não necessitam de nenhum custo elevado e pré-tratamento a ser utilizado (HAN et al. 2007; JUCHEN et al., 2018).

O estudo da cinética de adsorção descreve a velocidade em que o adsorbato é adsorvido pelo adsorvente, ou seja, corresponde ao transporte do adsorbato pela camada limitante até a entrada dos poros do adsorvente. E é expressa como a taxa de remoção do adsorbato na fase fluida em relação ao tempo, envolvendo a transferência de massa contida em uma massa líquida externa para o interior da partícula do adsorvente (AMORIM, 2016).

A forma mais frequente de se investigar o tipo de interação existente entre soluto e adsorvente é através da realização de isotermas de adsorção que correspondem a representações gráficas que relacionam a concentração do soluto adsorvido por unidade de superfície com a concentração de soluto em solução quando a adsorção atinge o equilíbrio, a temperatura constante (SILVA, 2014).

O leito diferencial corresponde a uma representação derivativa piloto de um corpo aquático real que mostra como o adsorvente se comporta em contato com a água e o contaminante.

Cinética de adsorção descreve a velocidade com a qual as moléculas do adsorbato são adsorvidas pelo adsorvente. Esta velocidade depende das características físico-químicas do adsorbato, tais como natureza, massa molecular e solubilidade e do adsorvente, tais como a natureza e estrutura de poros (CLAUDINO, 2003).

O modelo pseudo-segunda ordem, baseia-se na capacidade de adsorção da fase sólida e relata o comportamento do processo em toda a faixa de tempo de contato (AKSU, 2000). A taxa de adsorção, segundo esse modelo, pode ser determinada pelas Equação (01) (HO, et al.1999):

$$\frac{dq}{dt} = k_s (q_e - q_t)^2 \quad (01)$$

Onde:

k_s é a constante da taxa de pseudo-segunda ordem ($\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$).

Integrando a Equação (01) com as seguintes condições iniciais: $q_t = 0$ em $t = 0$, e $q_t = q_e$ em $t = t$, leva a seguinte equação:

$$q_t = \frac{k_s \cdot q_e^2 \cdot t}{1 + k_s \cdot q_e^2 \cdot t} \quad (02)$$

A taxa inicial da adsorção ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) pode ser obtida em valores de próximos a zero utilizando a seguinte Equação (03):

$$h_0 = k_s \cdot q_e^2 \quad (03)$$

O estudo do equilíbrio fornece informações fundamentais para a seleção de um adsorvente satisfatório. Segundo Morais (2005), as informações das isotermas de equilíbrio podem fornecer a estimativa da quantidade aproximada de adsorvente necessária para um dado processo e conseqüentemente, o tamanho do equipamento requerido para a operação de adsorção em condições de equilíbrio.

As curvas fornecem informações úteis para processos de concentração, secagem e hidratação de alimentos, visto que a facilidade de se retirar ou adicionar água está relacionado com a atividade de água do alimento e ainda para verificar e acompanhar a estabilidade de produtos alimentícios durante o armazenamento (RIBEIRO et al., 2007).

E para representar essas isotermas de adsorção existem diversos modelos matemáticos, como Freundlich, Langmuir e Langmuir-Freundlich.

O modelo de Langmuir baseia-se na ideia de que as moléculas do adsorbato são adsorvidas e aderem à superfície do adsorvente em sítios livres, definidos e localizados. Portanto, o ponto máximo de adsorção corresponde à monocamada saturada de moléculas de soluto na superfície do adsorvente, sem que haja qualquer interação lateral entre as moléculas adsorvidas (CARVALHO, 2010). O modelo de isotermas de Langmuir está representado na Equação (04).

$$\frac{q}{q_s} = \frac{bc}{1 + bc} \quad (04)$$

Onde:

$\frac{q}{q_s}$ = Taxa de adsorção;

q_s = Máxima capacidade de adsorção.

c = Concentração do adsorbato.

b = Parâmetro da equação de Langmuir.

O sistema de adsorção em leito diferencial é uma técnica que consiste em remover contaminantes de um efluente através de uma camada fina de bioadsorventes em contato com esse efluente, proposto por Sousa et al., 2011 e utilizado por Carvalho 2014, Lima et al., 2014, Amorim 2016 e Oliveira 2016. Esse processo pode ser ilustrado na Figura 1.

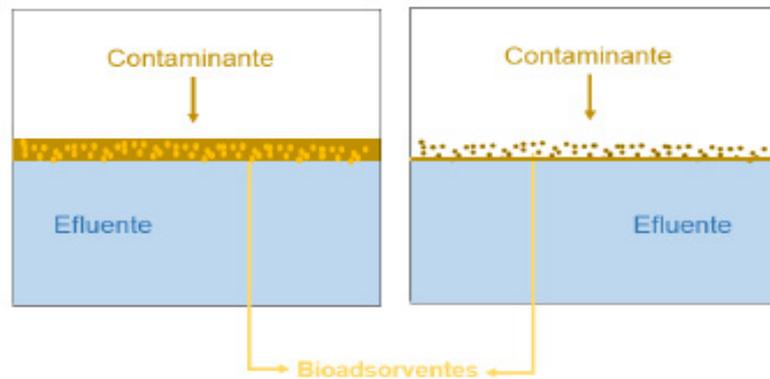


Figura 1. Representação de leito diferencial.

Este trabalho é uma continuidade do abordado por Amorim 2016. Que tem um caráter válido e de suma importância, visto que possibilitará uma visão mais abrangente do efeito da bioadsorção, utilizados como alternativa tecnológica ao resíduo da cerveja, proporcionando redução dos índices de impactos ambientais e ainda podem ser reutilizados pela empresa gerada.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Este projeto foi desenvolvido no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba, na cidade de Campina Grande. A pesquisa foi realizada no Laboratório de Pesquisa em Ciências Ambientais, UEPB.

Foi utilizada um sistema de peneiras da Granutest de 1,00 e 2,38 mm para uniformizar o tamanho da biomassa (bagaço da cerveja) e os estudos foram realizados em triplicata, com 1,2 g de biomassa seca.

Para o estudo de cinética de adsorção, foram utilizadas 12 amostras, onde tinham as concentrações das soluções iguais a 8,6; 12,0 e 15,4 mL de gasolina para 40,0 mL de água.

Já para o estudo de isotermas de equilíbrio, utilizando-se concentrações de água

e agente contaminante (gasolina). Foram medidas 10 concentrações diferentes de água com agente contaminante gasolina com variação de 5 a 50 % de gasolina em um total de 52 mL água/gasolina, apresentada na Tabela 1:

Concentração (%)	Gasolina (mL)	Água (mL)
5	2,6	49,4
10	5,2	46,8
15	7,8	44,2
20	10,4	41,6
25	13,0	39,0
30	15,6	36,4
35	18,2	33,8
40	20,8	31,2
45	23,4	28,6
50	26,0	26,0

Tabela 1. Variação de concentração água/gasolina.

Foi utilizado no Sistema em Leito Diferencial um reservatório de vidro com capacidade para 4000 mL, apresentado na Figura 2a e uma tela de alumínio, apresentado na Figura 2b, onde a tela de alumínio é acoplada ao reservatório de vidro.

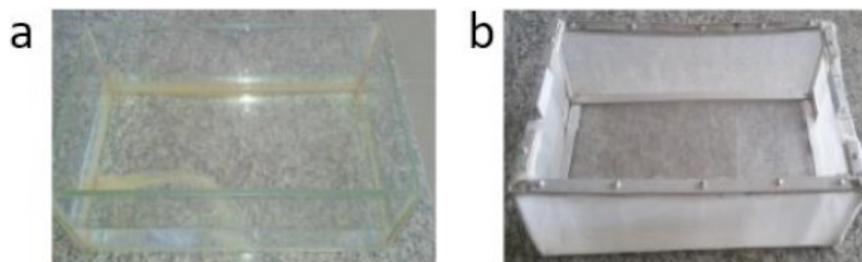


Figura 2. a) Reservatório de vidro. b) Tela de alumínio.

O processo de Adsorção em Leito Diferencial foi realizado, em triplicata, em três experimentos com concentrações diferentes, como apresentado na Tabela 2.

Concentração (%)	Água (L)	Gasolina (L)
5,0	3,8	0,2
7,0	3,7	0,3
10,0	3,6	0,4

Tabela 2. Variação de concentração de água/gasolina no sistema do sistema de adsorção em leito diferencial.

Na primeira etapa, uniformizou-se, na tela de alumínio, uma camada fina da biomassa com espessura de 3 mm. No reservatório de vidro foram depositadas as misturas de água/gasolina com concentrações definidas na Tabela 2, obtendo-se uma camada fina sobrenadante, como apresentado na Figura 3.

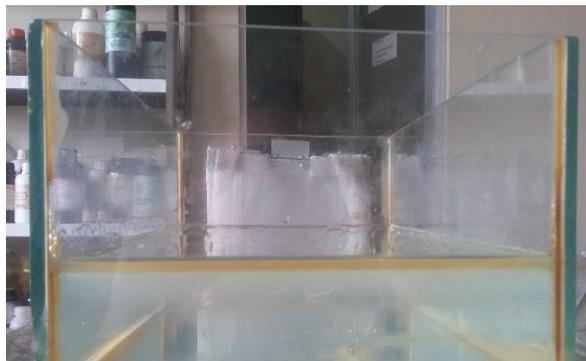


Figura 3. Mistura de água/gasolina.

Em seguida, foi acoplado a tela de alumínio ao reservatório com a solução água/gasolina, com tempo decorrido de contato até 120 minutos, como apresentado na Figura 4. Após decorrido esse tempo, foi retirada a tela de alumínio e medido o volume restante de contaminante em uma proveta, para quantificação adsorvida do contaminante. A quantificação foi feita através de análise volumétrica, utilizando proveta graduada.



Figura 4. Contato da biomassa com água/gasolina.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das ilustrações das curvas cinéticas, que estão na forma de capacidade de adsorção da biomassa em função do tempo de contato, apresentadas nas Figuras 5 a, b e c, foi possível observar para o bagaço de cerveja, utilizando o adsorbato gasolina, que a cinética foi bastante rápida e a quantidade de gasolina adsorvida para o bagaço foram aproximadamente 4; 5 e 6 mL de gasolina que foram retirados da solução por cada grama de biomassa utilizada, respectivamente.

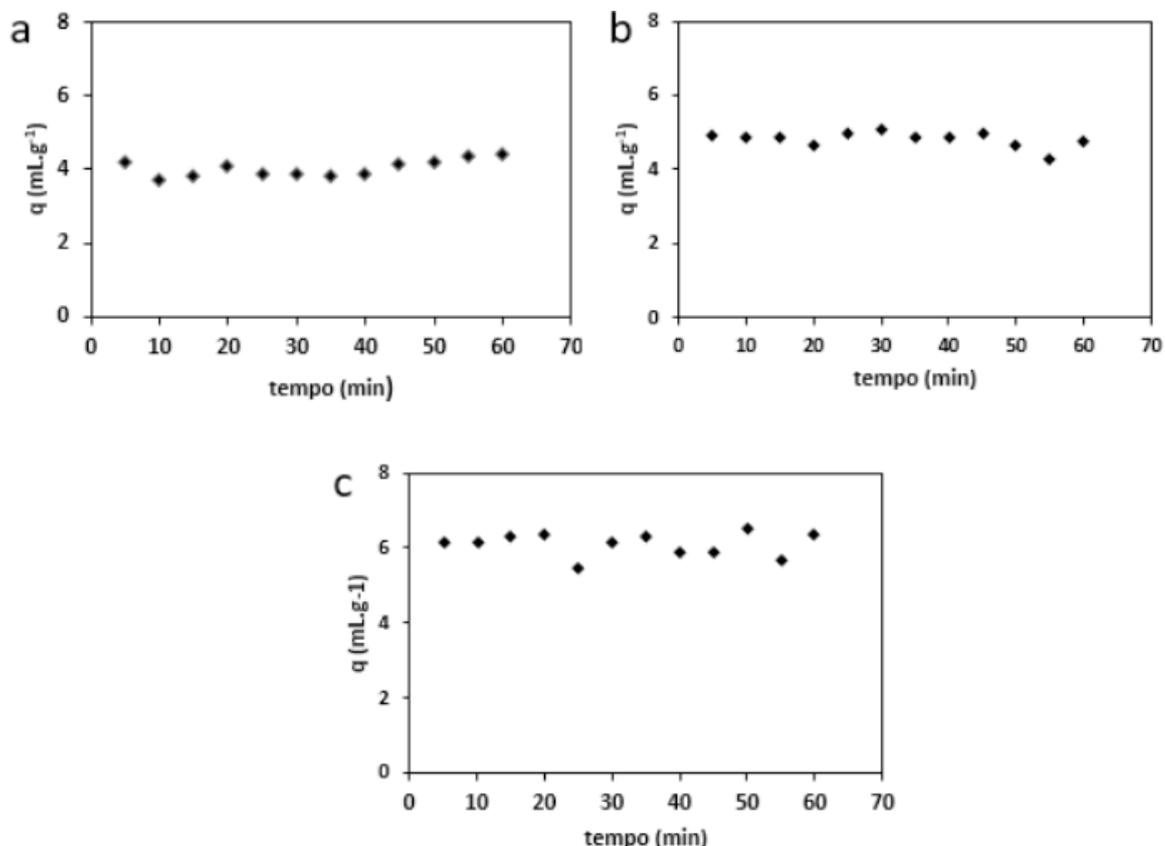


Figura 5. a) Cinética de adsorção para 8,6 mL de gasolina e 40,0 mL de água. b) Cinética de adsorção para 12,0 mL de gasolina e 40,0 mL de água. c) Cinética de adsorção para 15,6 mL de gasolina e 40,0 mL de água.

Os desvios encontrados nas quantidades adsorvidas de gasolina podem ter ocorrido devido à manipulação ou a adsorção de água pelo bagaço de cerveja.

Nas isotermas de equilíbrio foram utilizadas 10 amostras de concentrações diferentes em um tempo de agitação constante de 60 minutos.

Na Figura 6 observa-se a curva da isoterma de equilíbrio para a adsorção de gasolina utilizando como biomassa resíduo de cerveja na forma de capacidade de adsorção de biomassa, ou seja, quantos mL de gasolina foram retirados por cada g de biomassa, em função da concentração final de cada adsorbato no fluido, em porcentagem, representados pelo modelo de Langmuir.

O modelo Langmuir é considerado o mais eficaz para representar isotermas em que há uma interação entre a superfície do adsorvente e o soluto para um único componente, como apresentado por Moraes 2005.

O ajuste para esse modelo foi realizado pelo método de regressão não-linear com o uso do programa *Microcal Origin*®. Com o ajuste dos dados experimentais, os valores dos parâmetros onde: q_s é a máxima capacidade de adsorção em mL/g , b é o parâmetro da equação de Langmuir, apresentando os valores como: $q_s = 10,13 \text{ mL/g}$, $b = 0,10322$ e $R^2 = 0,94$.

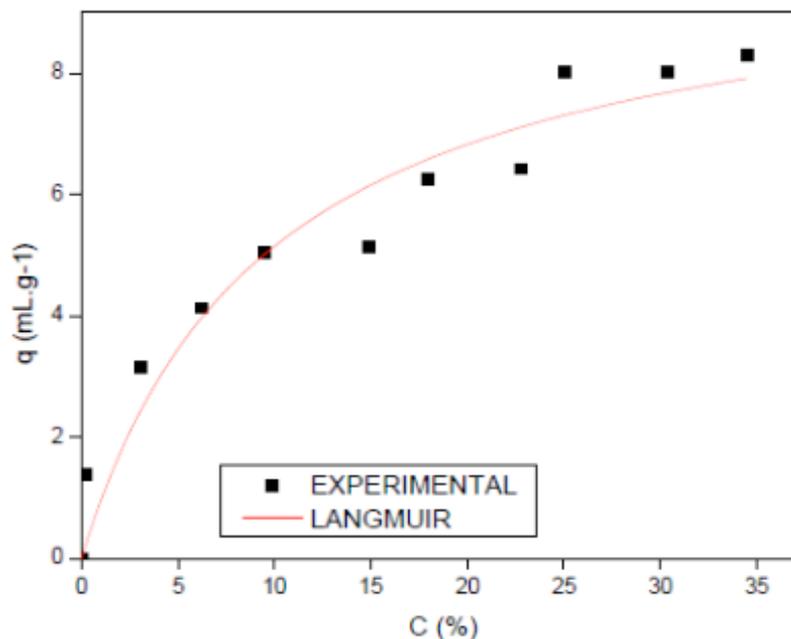


Figura 6. Isoterma de equilíbrio para adsorção do bagaço de cerveja, comparada com o modelo de Langmuir.

Utilizando o bagaço de cerveja como adsorvente, observou-se que a biomassa teve um bom ajuste ao modelo de adsorção de Langmuir, pois apresentou o coeficiente de correlação $R^2 = 0,94$, bem próximo de 1,00, o que reflete que o processo de adsorção se ajusta bem ao modelo de Langmuir. A capacidade máxima adsorvida pelo bagaço foi de aproximadamente 8,0 mL/g, ou seja, a cada 1 g de biomassa tem-se 8,0 mL de gasolina e comparando com o ajuste ao modelo de Langmuir a capacidade máxima de adsorção foi de 10,1 mL/g, ou seja, os dados experimentais estão bem ajustados ao modelo de Langmuir.

De acordo com os experimentos realizados, utilizando o sistema de adsorção em leito diferencial após o tempo de contato água/gasolina e volume total da mistura heterogênea foi possível observar um volume final de gasolina inferior ao inicial de cada amostra, representando assim uma boa adsorção da gasolina na presença do resíduo da cerveja. Não se tem referencial teórico em relação ao estudo em leito diferencial com esse tipo de resíduo, sendo este trabalho utilizado como referencial para trabalhos futuros.

Nas Figuras 7a, b e c estão representados os dados experimentais para uso do bagaço da cerveja em porcentagem de gasolina adsorvida pelo tempo de contato entre o bagaço, água e gasolina em sistema em leito diferencial.

Na Figura 7a, está apresentada a concentração de 5,0 % com volume de gasolina inicial = 0,2 L e Volume de água = 3,8 L, onde observa-se que apresentaram resultados satisfatórios, onde a biomassa adsorve quase todo o contaminante observando que inicialmente com 15 minutos houve uma adsorção de 97,5 % e com 30 minutos quase a total adsorção do contaminante com 99,2 %.

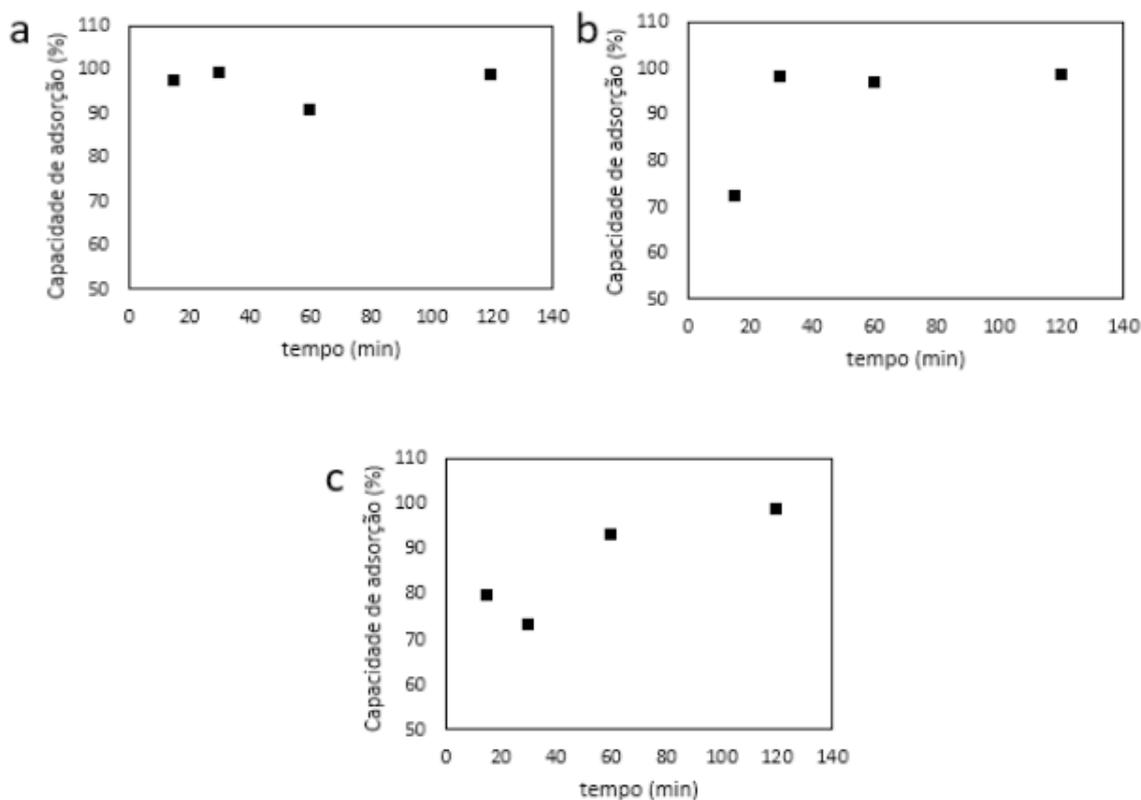


Figura 7. a) Percentual da adsorção da gasolina para concentração de 5,0 %. b) Percentual da adsorção da gasolina para concentração de 7,5 %. c) Percentual da adsorção da gasolina para concentração de 10,0 %.

Figura 7b, está apresentada a concentração de 7,5 % com volume de gasolina inicial = 0,3 L e volume de água = 3,7 L, onde observa-se que apresentaram resultados satisfatórios, onde a biomassa adsorve quase todo o contaminante nos primeiros 15 minutos houve uma adsorção de 72,3 % e aos 120 minutos 98,5 %.

Figura 7c está apresentada a concentração de 10,0 % com volume de gasolina inicial = 0,4 L e volume de água = 3,6 L, onde se observa que apresentaram resultados satisfatórios. A biomassa adsorve quase todo o contaminante, onde inicialmente a adsorção é baixa pelo fato da maior quantidade de contaminante em 120 minutos foram 98,75 % adsorvidos.

Em contrapartida, nota-se que há desvios nas concentrações analisadas, de quantidades adsorvidas de gasolina e pode ter ocorrido devido à manipulação ou a adsorção de água pelo bagaço de cerveja, que pode ser explicado pelo fato do bagaço ser bastante rico em celulose e lignina de acordo com Dragone 2007. De acordo com Moraes 2005, nesses tipos de biomassas que relata a presença de lignina, que é organofílica e celulose que é hidrofílica, onde adsorção de água na celulose promove o colapso dos poros, dificultando assim a entrada de outros substratos.

4 | CONCLUSÃO

A cinética de adsorção do bagaço adsorveu de forma satisfatória em média 50 %

do total do seu contaminante.

A capacidade máxima de adsorção pelo bagaço é aproximadamente 8 mL/g.

No sistema de adsorção em leito diferencial o bagaço adsorveu quase todo o contaminante para as concentrações estudadas, apresentando assim como um bom adsorvente de gasolina.

Assim, sugerem-se estudos futuros, mais aprofundados com o bagaço de cerveja, como aplicação de outras variações de concentrações para melhor análise da máxima adsorção e outros derivados orgânicos, bem como não orgânicos.

REFERÊNCIAS

AKSU, Z.; TEZER, S. **Equilibrium and kinetic modelling of biosorption of remazol black B by Rhizopus Arrhizus in a batch system: Effect of temperature**, *Process Biochem.* v. 36, p. 431-439, 2000.

AMORIM, F. V. **Estudo do poder adsorptivo do resíduo gerado na produção de cerveja utilizando sistema em leito diferencial**. Campina Grande, PB, 2016.

CARVALHO, E.S. **Reuso do Mesocarpo de Coco na Remoção de Contaminantes Derivados de Petróleo Presentes em Corpos D'água**, Utilizando Sistema de Adsorção em Leito Diferencial. Trabalho de Conclusão em Química Industrial, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2010.

CLAUDINO, A. **Preparação de carvão ativado a partir de trufa e sua utilização na remoção de poluentes**. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

CRITTENDEN, J.C.; TRUSSELL, R.R.; HAND, D.W.; HOWE, K.J.; TCHOBANOGLIOUS, G.; **Water Treatment: Principles and Design**, 2nd ed., John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2005.

EMBRAPA. **Cevada em números**. EMBRAPA TRIGO/Sócio economia, abril, 2014.

FRANCISKI, M.A.; PERES, E.C.; GODINHO, M.; PERONDI, D.; FOLETTTO, E.L.; COLLAZZO, G.C.; DOTTO, G.L. **Development of CO₂ activated biochar from solid wastes of a beer industry and its application for methylene blue adsorption**. *Waste Management.* v. 78, p. 630–638, 2018.

FONTANA, I.B.; PETERSON, M.; CECHINEL, M.A.P. **Application of brewing waste as biosorbent for the removal of metallic ions present in groundwater and surface waters from coal regions**, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2018.

GONÇALVES, G.C.; NAKAMURA, P.K.; VEIT, M.T. **Produção e Caracterização de Carvão Ativado Obtido a Partir dos Resíduos da Indústria Cervejeira**. 2014.

HAN, R.; ZOU, W.; YU, W.; CHENG, S.; WANG, Y.; SHI, J. **Biosorption of methylene blue from aqueous solution by fallen phoenix tree's leaves**. *Journal of Hazardous Materials*, v.141, n. 1, 2007.

HO, Y.S.; MCKAY, G. **Pseudo-second order model for sorption process**, *process Biochem.* 1999.

IBRAHIM, W.M. **Biosorption of heavy metal ions from aqueous solution by red macroalgae**, *J. Hazard. Mater.* v. 192, p.1827–1835, 2011.

JUCHEN, P.T.; PIFFER, H.H.; VEIT, M.T.; GONÇALVES, G.C.; PALÁCIO, S.M.; ZANETTE, J.C.

Biosorption of reactive blue BF-5G dye by malt bagasse: kinetic and equilibrium studies, Journal of Environmental Chemical Engineering, 2018.

LIMA, L.M.R.; CARVALHO, E.S.; SILVA, A.M.; COSTA, F.O.; SILVA, V.L.M.M. **Descontaminação De Corpos D'água Utilizando Mesocarpo De Coco Em Sistema De Leito Diferencial, Visando A Remoção De Derivados De Petróleo**. Cobeq, 2014.

LIU, Y.; CAO, Q.; LUO, F.; CHEN, J. **Biosorption of Cd²⁺, Cu²⁺, Ni²⁺ and Zn²⁺ ions from aqueous solutions by pretreated biomass of brown algae**, J. Hazard. Mater. v. 163, p. 931–938, 2009.

LYNCH, K.M.; STEFFEN, E.J.; ARENDT, E.K. **Brewers' spent grain: a review with an emphasis on food and health**. Journal of the Institute of Brewing, v. 122, p. 553–568, 2016.

MARDEGAN, S.F.; ANDRADE, T.M.M.; SOUSA NETO, E.R.; VASCONCELOS, E.B.C.; MARTINS, L.F.B.; MENDONÇA, T.G.; MARTINELLI, L.A. **Stable carbon isotopic composition of Brazilian beers – a comparison between large- and small-scale breweries**. J. Food Compos. Anal. 29, 52–57, 2013.

MARTINS, W.S. **Inquérito exploratório referente à geração, armazenamento, transporte e descarte de resíduos em indústrias de pesca do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo, 2011.

MORAIS, V.L.M. **Purificação de Efluentes Contaminados com Hidrocarbonetos por Adsorção em Leito Fixo de Biomassa**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, p. 104, 2005.

OLIVEIRA, E.D.C. **Remoção de Gasolina em Corpos d'água Utilizando Sisal (Agave sisalana) como Adsorvente em Sistema de Adsorção em Leito Diferencial**. Trabalho de Conclusão de Curso. Química Industrial. Universidade Estadual da Paraíba, 2016.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. **Química de Alimentos**. 2ª Edição. Ed. Edgard Blücher LTDA, 184p., 2007.

SILVA, F.B.V.; GOMES, W.A. **Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro**. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande, v. 15, n. 10, p. 1004-1013, 2011.

SOUSA, R.S.; LIMA, L.M.R.; SILVA, V.L.M.M., **Adsorção de óleo diesel em sistema de leito diferencial com biomassa bagaço de cana-de-açúcar**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.6.2, 2011.

ZARNKOW, M. **Beer**. Encyclopedia of Food Microbiology, vol. 1. Elsevier, 2014.

SOBRE A ORGANIZADORA

Carmen Lúcia Voigt: Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-422-1

