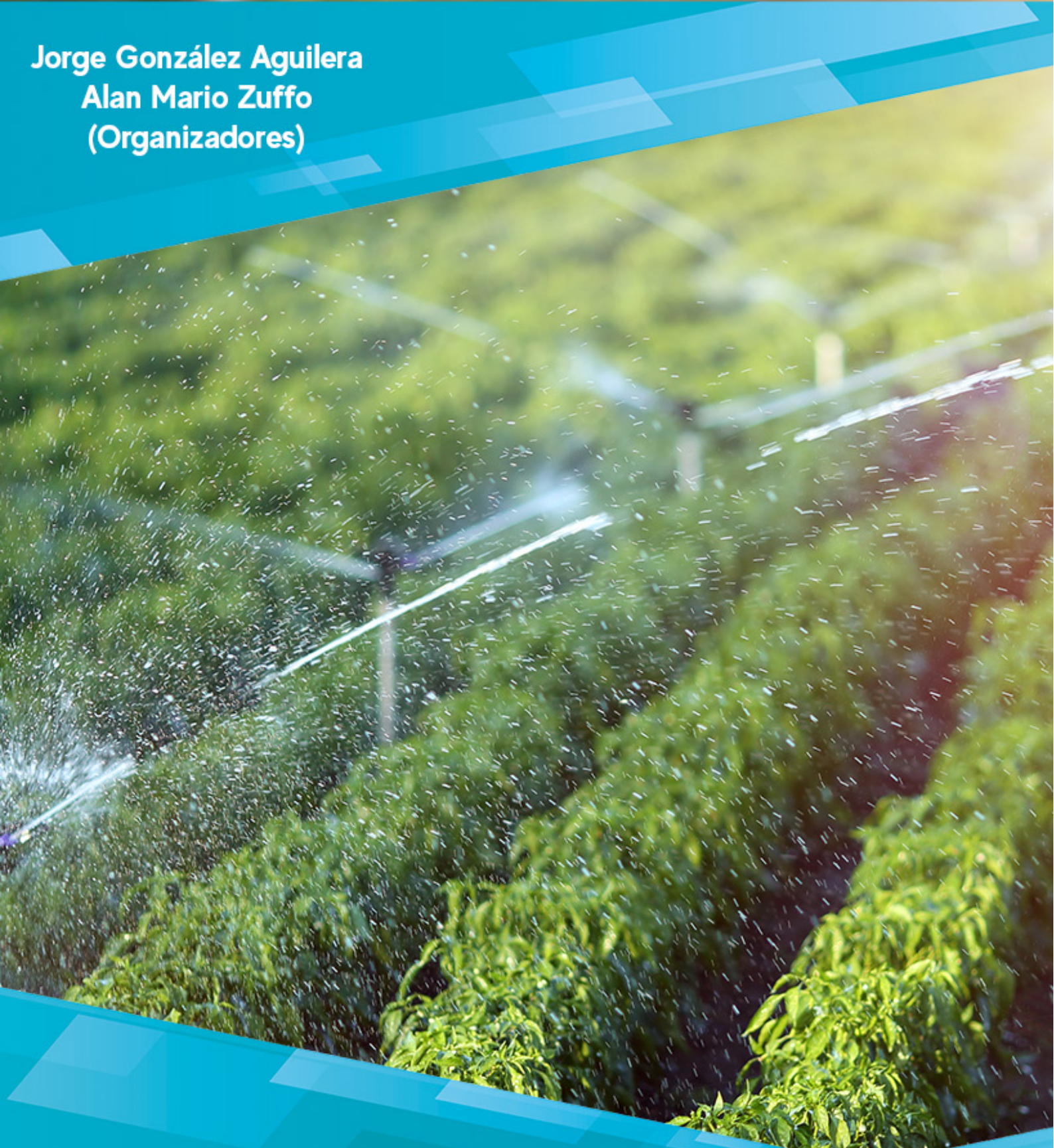


**Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)**



**Ciências Exatas e da
Terra e a Dimensão
Adquirida através da
Evolução Tecnológica 2**

Atena
Editora
Ano 2019

Jorge González Aguilera

Alan Mario Zuffo

(Organizadores)

**Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão
Adquirida através da Evolução Tecnológica
2**

**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: Karine de Lima
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)

C569 Ciências exatas e da terra e a dimensão adquirida através da evolução tecnológica 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida Através da Evolução Tecnológica; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-473-3

DOI 10.22533/at.ed.733191107

1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia.
I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario

CDD 509.81

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

Atena
Editora

Ano 2019

APRESENTAÇÃO

A obra “*Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica vol. 2*” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta, em seus 28 capítulos, conhecimentos tecnológicos e aplicados as Ciências Exatas e da Terra.

Este volume dedicado à Ciência Exatas e da Terra traz uma variedade de artigos que mostram a evolução tecnológica que vem acontecendo nestas duas ciências, e como isso tem impactado a vários setores produtivos e de pesquisas. São abordados temas relacionados com a produção de conhecimento na área da matemática, química do solo, computação, geoprocessamento de dados, biodigestores, educação ambiental, manejo da água, entre outros temas. Estas aplicações visam contribuir no aumento do conhecimento gerado por instituições públicas e privadas no país.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Exatas e da Terra, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área da Física, Matemática, e na Agronomia e, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera

Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A GESTÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO ESTADO DE PERNAMBUCO: ANÁLISE DO POTENCIAL DE USO	
Margarida Regueira da Costa Alexandre Luiz Souza Borba Fernanda Soares de Miranda Torres	
DOI 10.22533/at.ed.7331911071	
CAPÍTULO 2	7
APLICAÇÃO DA ESTATÍSTICA MULTIVARIADA NO DIAGNÓSTICO DO PROCESSO DE SALINIZAÇÃO EM AÇUDES DO SEMIÁRIDO NORDESTINO, CEARÁ/BRASIL	
José Batista Siqueira Sanmy Silveira Lima	
DOI 10.22533/at.ed.7331911072	
CAPÍTULO 3	18
AQUÍFERO DUNAS-POTENGI: DISPONIBILIDADE E POTENCIALIDADE DAS ÁGUAS EM NATAL – RN	
Melquisedec Medeiros Moreira Newton Moreira de Souza Miguel Dragomir Zanic Cuellar Kátia Alves Arraes	
DOI 10.22533/at.ed.7331911073	
CAPÍTULO 4	27
AS ÁGUAS DO AQUÍFERO ALUVIONAR JAGUARIBE E SUA RELAÇÃO COM O USO/OCUPAÇÃO DO SOLO: ÁREA PILOTO DE SÃO JOÃO DO JAGUARIBE – CEARÁ	
Antônio Flávio Costa Pinheiro Itabaraci Nazareno Cavalcante Alexsandro dos Santos Garcês Rafael Mota de Oliveira Emanuel Arruda Pinho	
DOI 10.22533/at.ed.7331911074	
CAPÍTULO 5	42
CULTURA DE SEGURANÇA EM LABORATÓRIOS DE PESQUISA DA ÁREA QUÍMICA	
Milson dos Santos Barbosa Débora da Silva Vilar Aline Resende Dória Isabelle Maria Gonzaga Duarte Dara Silva Santos Lays Ismerim Oliveira Géssica Oliveira Santiago Santos Luiz Fernando Romanholo Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.7331911075	

CAPÍTULO 6 53

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA ANALÍTICA PARA DETERMINAÇÃO DE FORMALDEÍDO EM COSMÉTICOS

Helder Lopes Vasconcelos
Andressa Almeida

DOI 10.22533/at.ed.7331911076

CAPÍTULO 7 63

DETERMINAÇÃO DA CURVA-CHAVE DAS CONCENTRAÇÕES DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO NA BACIA DO RIO QUARAÍ, NA FRONTEIRA OESTE DO RIO GRANDE DO SUL

Mayara Torres Mendonça
Clamarion Maier
Edenir Luís Grimm
Gustavo Henrique Merten
Jainara Fresinghelli Netto
Ricardo Boscaini
Miriam Fernanda Rodrigues
Thais Palumbo Silva
Franciele de Bastos
Raí Ferreira Batista
Suélen Matiasso Fachi

DOI 10.22533/at.ed.7331911077

CAPÍTULO 8 76

DETERMINAÇÃO DE PERÍMETROS DE PROTEÇÃO DE POÇOS DE CAPTAÇÃO EM DIFERENTES SISTEMAS AQUÍFEROS DO ESTADO DE SÃO PAULO

César de Oliveira Ferreira Silva
Manuel Enrique Gamero Guandique

DOI 10.22533/at.ed.7331911078

CAPÍTULO 9 84

DEVELOPMENT OF PROCEDURES FOR CALIBRATION OF METEOROLOGICAL SENSORS. CASE STUDY: CALIBRATION OF A TIPPING-BUCKET RAIN GAUGE AND DATA-LOGGER SET

Márcio Antônio Aparecido Santana
Patrícia Lúcia de Oliveira Guimarães
Luca Giovanni Lanza

DOI 10.22533/at.ed.7331911079

CAPÍTULO 10 93

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE E SAÚDE AMBIENTAL DO MERCADO DO PEIXE, SÃO LUÍS - MARANHÃO

Marcelo Vieira Sodré Barbosa
Ana Carolina Lopes Ozorio
Itapotiará Vilas Bôas

DOI 10.22533/at.ed.73319110710

CAPÍTULO 11 100

ESTUDO DA SÍNTESE SEM SOLVENTE DE ZEÓLITAS UTILIZANDO DIFERENTES LÍQUIDOS IÔNICOS COMO AGENTES DIRECIONADORES DE ESTRUTURA

Imedelais Bordin
Victor de Aguiar Pedott
Elton Luis Hillesheim
Rogério Marcos Dallago
Marcelo Luís Mignoni

DOI 10.22533/at.ed.73319110711

CAPÍTULO 12 109

GEOPROCESSAMENTO PARA DELIMITAÇÃO DE APPS E ESTUDO DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL NAS MARGENS DO BEIJA-FLOR, MUNICÍPIO DE MAZAGÃO-AP

Kerlency Maria Farias Santos
Rudney Lobato Furtado
Mariano Araújo Bernadino Rocha
Olavo Bilac Quaresma de Oliveira Filho

DOI 10.22533/at.ed.73319110712

CAPÍTULO 13 124

GEOQUÍMICA E QUALIDADE DE ÁGUAS NATURAIS DE NASCENTES DA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS, SÃO PAULO

Rafael Bassetto Ferreira
Wanilson Luiz Silva

DOI 10.22533/at.ed.73319110713

CAPÍTULO 14 138

IMPACTOS POTENCIAIS DOS ROMPIMENTOS DE BARRAGENS NÃO-SEGURAS NO USO DA ÁGUA NA BACIA DO PARAÓPEBA, MINAS GERAIS

Luciana Eler França
Fernando Figueiredo Goulart
Carlos Bernardo Mascarenhas Alves

DOI 10.22533/at.ed.73319110714

CAPÍTULO 15 153

MODELAGEM DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE SOLO REFORÇADO NO SISTEMA TERRAMESH

Taila Ester dos Santos de Souza
Carlos Alberto Simões Pires Wayhs
Alan Donassollo

DOI 10.22533/at.ed.73319110715

CAPÍTULO 16 167

POTENCIALIDADES DOS AQUÍFEROS DA BACIA DO RIO VERDE GRANDE E SUAS RELAÇÕES COM OS DOMÍNIOS CLIMÁTICOS E HIDROGEOLÓGICOS

Estefânia Fernandes dos Santos
Leila Nunes Menegasse Velasquez

DOI 10.22533/at.ed.73319110716

CAPÍTULO 17 182

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO OESTE DE SANTA CATARINA, BRASIL

Janete Facco
Fabio Luiz Carasek
Sival Francisco de Oliveira Junior
Luiz Fernando Scheibe
Manuela Gazzoni dos Passos
Mariana Muniz Blank

DOI 10.22533/at.ed.73319110717

CAPÍTULO 18 197

RAIZ DO CAPIM VETIVER: UMA FONTE ALTERNATIVA PARA A PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO

Felipe Coelho Vieira
Alan Rodrigues Teixeira Machado
Marcelo Segala Xavier
Jussara Vitória Reis

DOI 10.22533/at.ed.73319110718

CAPÍTULO 19 210

RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE AS CONDIÇÕES SOCIOECONÔMICAS DE UMA REGIÃO DO CERRADO MARANHENSE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS OCORRENTES NO LOCAL

Karla Bianca Novaes Ribeiro
Kely Silva dos Santos
Karine Silva Araujo
Mayanna de Kássia Silva Rodrigues
James Werllen de Jesus Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.73319110719

CAPÍTULO 20 219

RELEVO COMO FATOR INTENSIFICADOR DAS ONDAS DE CALOR EM ALAGOAS

Dálete Maria Lima de Sousa
Anne Karolyne Pereira da Silva
Rafael Wendell Barros Forte da Silva
João Vitor Benevides de Castro
Francisco de Assis Franco Vieira
David Harley de Oliveira Saraiva

DOI 10.22533/at.ed.73319110720

CAPÍTULO 21 233

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DE MILHO (ZEA MAYS L.) EXPOSTAS A ÁCIDO HÚMICO

Monique Ellen Farias Barcelos
Leonardo Barros Dobbss
Amanda Azevedo Bertolazi
Alessandro Coutinho Ramos
Ian Drumond Duarte
Lívia Dorsch Rocha
Leonardo Valandro Zanetti
Silvia Tamie Matsumoto

DOI 10.22533/at.ed.73319110721

CAPÍTULO 22	247
SUPORTES HÍBRIDOS DE SÍLICA-MONOSSACARÍDEOS: MATERIAIS POTENCIAIS PARA IMOBILIZAÇÃO DE PEROXIDASE RAP - TOYOBO	
Ivan Martins Barreto	
Maria Antônia Carvalho Lima Jesus	
Djalma Menezes De Oliveira	
Ronaldo Costa Santos	
Alini Tinoco Fricks	
Heiddy Márquez Alvarez	
DOI 10.22533/at.ed.73319110722	
CAPÍTULO 23	256
USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA BACIA DO RIO PUNHAÍ, LITORAL NORTE DA BAHIA	
Ricardo Acácio de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.73319110723	
CAPÍTULO 24	263
ADMINISTRAÇÃO: FERRAMENTA DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO	
Esmeraldo Bezerra de Melo Junior	
Claudio Jorge Gomes da Rocha Junior	
DOI 10.22533/at.ed.73319110724	
CAPÍTULO 25	275
ORGANIZAÇÃO SOCIAL DOS PRODUTORES DE BANANA DOS MUNICÍPIOS DE PRESIDENTE FIGUEIREDO E RIO PRETO DA EVA, AMAZONAS E PARTICIPAÇÃO DO GOVERNO PARA A SUSTENTABILIDADE DA CULTURA	
Maricleide Maia Said	
Luiz Antonio de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.73319110725	
CAPÍTULO 26	287
AGROECOLOGIA E RE(EXISTÊNCIAS): CONTRIBUIÇÃO DA AGRICULTURA FAMILIAR DE BASE AGROECOLÓGICA COMO PASSO PARA GARANTIA DA SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL EM UM ACAMPAMENTO NO SERTÃO PARAIBANO	
Luymara Pereira Bezerra de Almeida	
Helena Cristina Moura Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.73319110726	
CAPÍTULO 27	299
LEVANTAMENTO DE MOSCAS BRANCAS (<i>Bemisia tabaci</i>) NA CULTURA SOJA, EM UM MUNICÍPIO DO NOROESTE DO RS: ANO I	
Isaura Luiza Donati Linck	
Antônio Luis Santi	
Ezequiel Zibetti Fornari	
Luis Felipe Rossetto Gerlach	
Fernanda Marcolan de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.73319110727	

CAPÍTULO 28 305

QUANTIFICAÇÃO DE MICRO-ORGANISMOS E CLASSIFICAÇÃO DE SUA ATIVIDADE ENZIMÁTICA
PROTEOLÍTICA E LIPOLÍTICA EM LEITE CRUCAPTADO EM LATICÍNIOS NO MUNICÍPIO DE
PIUMHI-MG

Maria Clara de Freitas Guimarães Santos

Eudoro da Costa Lima Neto

Talitha Oliveira de Rezende

Leonardo Borges Acurcio

DOI 10.22533/at.ed.73319110728

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 317

RAIZ DO CAPIM VETIVER: UMA FONTE ALTERNATIVA PARA A PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO

Felipe Coelho Vieira

Centro Universitário de Belo Horizonte, Instituto de Engenharia e Tecnologia
Belo Horizonte – MG

Alan Rodrigues Teixeira Machado

Centro Universitário de Belo Horizonte, Instituto de Engenharia e Tecnologia
Belo Horizonte – MG

Marcelo Segala Xavier

Centro Universitário UNA, Instituto de Engenharia e Tecnologia.
Belo Horizonte – MG

Jussara Vitória Reis

Centro Universitário de Belo Horizonte, Instituto de Engenharia e Tecnologia.
Belo Horizonte – MG

RESUMO: O capim vetiver possui raízes que podem crescer de 2 a 5 metros de profundidade, é um capim produzido por mudas, isto é, não são plantas invasoras. No cultivo das mudas é gerado um grande volume de resíduos que não possuem valor agregado, mas são excelentes fontes de carbono, o que o torna uma matéria-prima atraente para a produção de carvão ativado. Esse produto se destaca na adsorção de contaminantes orgânicos, por exemplo, os fármacos, que podem ser encontrados nos diversos tipos de efluentes. Assim, objetivando o desenvolvimento de materiais alternativos

para o tratamento de efluentes aquosos, neste trabalho foi avaliado o potencial das raízes de vetiver, como fonte de carbono para a produção de carvão ativado. Foram produzidas quatro amostras de carvão por dois meios de carbonização: duas em forno tipo mufla e duas em micro-onda. Uma amostra em cada par foi ativada quimicamente usando ácido fosfórico. O potencial dos carvões produzidos para remoção de fármacos em solução aquosa foi mensurado por meio de ensaios de adsorção, utilizando como adsorvato o diclofenaco de sódio. O carvão obtido a partir da carbonização em forno tipo mufla e com a ativação química apresentou o melhor desempenho, com capacidade máxima de adsorção de 714,4 mg.g⁻¹. Logo, os carvões obtidos das raízes do vetiver, principalmente, o carbonizado em forno tipo mufla ou submetido à ativação química, apresentam grande potencial para remoção de contaminantes orgânicos.

PALAVRAS-CHAVE: Capim vetiver, Diclofenaco sódico, Carvão Ativado.

GRASS ROOT VETIVER: AN ALTERNATIVE SOURCE FOR ON COAL PRODUCTION

ABSTRACT: The vetiver grass has roots that can grow downward from 2 to 5 meters in depth, this grass is grown from seedlings, in other words, it is not an invasive plant. In the seedlings

farming, large quantities of worthless waste are generated, but this waste is an excellent carbon source, which makes it an attractive raw material for activated coal production. This product stands out at organic contaminants adsorption, for example, pharmacons found in various types of effluents. Thus, seeking the development of alternative materials for aqueous effluents treatment, this study approaches the evaluation of vetiver grass' potential used as carbon source in the production of activated coal. Four coal samples were produced using different carbonizing processes: two from muffle furnace and two from microwave. One in each sample pair was chemically activated using phosphoric acid. The produced coal potential to extract pharmacons in aqueous solution was measured through adsorption test, using diclofenac sodium as adsorbate. The coal obtained from muffle furnace and from chemical activation provided the best performance, with maximum adsorption potential of 714.4 mg.g⁻¹. Therefore, coal obtained from vetiver grass roots, specially, carbonized in muffle furnace or chemically activated show great potential to extract organic contaminants.

KEYWORDS: Vetiver grass, Diclofenac sodium, Activated carbon.

1 | INTRODUÇÃO

O capim vetiver é uma gramínea perene originária da Índia, possui característica eco fisiológicas única no mundo. Ele é de fácil plantio e suporta diversos climas, isto é, se desenvolva em locais que nenhuma outra planta sobreviveria. As raízes podem chegar a cinco metros de extensão o que lhe confere uma enorme capacidade de resistência à seca prolongada. O capim vetiver é muito usual no controle de erosão e recuperação de áreas degradadas, no entanto, a atividade mais lucrativa do plantio do vetiver é a produção e óleo a partir das suas raízes. Esse óleo é mundialmente utilizado por perfumarias, produtos de beleza, fins medicinais e controle de pragas (CHOU *et al.*, 2012; CHOU *et al.*, 2016; PEREIRA, 2006; CHAVES e ANDRADE, 2013).

O uso do vetiver é difundido mundialmente, entretanto, no Brasil a produção de vetiver ainda é pequena, mas vários pesquisadores são otimistas e acreditam que a produção será ampliada. Nas regiões de clima tropical, o vetiver cresce em quantidade significativa, produzindo um valor de biomassa maior que 100 toneladas de matéria seca ha/ano (TRUONG *et al.*, 2008). Embora os inúmeros relatos na literatura sobre as aplicações das raízes do vetiver, as informações sobre o uso dos resíduos para a produção de carvão ativado são escassas, pois apenas dois trabalhos foram encontrados sobre o emprego das raízes do vetiver, proveniente dos resíduos de uma perfumaria, para a produção de carvão ativado (GASPARD *et al.*, 2007; ALTENOR *et al.*, 2009).

O carvão ativado é originado de materiais carbonosos, os quais sofrem algum processamento para aumentar a sua porosidade interna, são amplamente utilizados para tratamento de efluentes, o uso se limita devido ao alto custo das matérias-primas, porém a busca de materiais ou rejeitos de outros sistemas tende a minimizar o seu

valor. A adsorção por carvão ativado produzido por rejeitos é um método de baixo custo, eficiente e amplamente utilizado para a remoção de contaminante em efluentes aquosos (BARBOSA *et al.*, 2014).

Os fármacos têm chamado à atenção do meio acadêmico, pois eles possuem um papel importante na vida da sociedade moderna para o tratamento e prevenção de doenças. No entanto, a população brasileira tem uma cultura de excesso de uso e de automedicação. Vale a pena mencionar que no Brasil, um indivíduo que esteja saudável faz o uso de pelo menos um medicamento por conta própria. Além disso, uma boa parcela da sociedade não possui ciência sobre os graves problemas ambientais que o uso excessivo e desnecessário de medicamentos acarreta (COSTA; COSTA, 2011).

A liberação dos fármacos, pelo organismo, é excretada na urina ou fezes, e há relatos que cerca de 50 a 90 % são eliminados sem sofrer alteração em sua composição (COSTA; COSTA, 2011). Os fármacos encontrados nas águas são provenientes de diversos medicamentos tanto de uso humano quanto animal. A ocorrência de medicamentos em rios ou lagos produzem efeitos adversos ao ambiente e a saúde humana, já que esses compostos interferem na fisiologia, no metabolismo e no comportamento das espécies, e ainda podem causar efeitos secundários que podem vir contra a defesa imunológica de organismos o que os torna mais frágeis aos parasitas e doenças (AMÉRICO *et al.*, 2013).

A remoção de fármacos pode ser realizada por meio de diferentes tecnologias, tais como: biorreatores com membranas, processo oxidativo avançado ou adsorção em carvão ativado (CRESTANA; SILVA, 2011). Destaca-se aqui o uso de carvão ativado, uma vez que eles tendem a ter uma estrutura altamente porosa, justificando seu alto poder de adsorção de moléculas tanto em fase líquida quanto na fase gasosa (ALVES *et al.*, 2015).

O diclofenaco sódico (DCF) é um dos medicamentos mais consumidos no Brasil, sendo muitas vezes vendido sem prescrição médica o que aumenta o seu nível de concentração nas águas brasileiras, poucas pesquisas são realizadas a fim da remoção desse contaminante. Após a administração do DCF, 65 % da dose absorvida pelo indivíduo é excretada pela urina e fezes, desta parcela liberada, 15 % não sofre alteração e o restante é eliminado na forma de metabólitos, os quais são conhecidos como: 3-hidroxi-diclofenaco; 4-hidroxi-diclofenaco (principal); 5-hidroxi-diclofenaco; 4-5 dihidroxi-diclofenaco; 3- hidroxi-4-metoxi-diclofenaco e 4-hidroxi-5-cloro-diclofenaco (RIGOBELLO, 2012).

O uso de carvão ativado para a complementação do tratamento da água possibilita uma boa parte da remoção dos poluentes orgânicos. Portanto, faz necessária uma investigação mais aprofundada a fim de avaliar o potencial do resíduo do vetiver. Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo produzir carvão ativado utilizando como matéria-prima a raiz de vetiver e avaliar o potencial do carvão ativado para a remoção de contaminantes orgânicos, especificamente do fármaco diclofenaco de

sódio.

2 | METODOLOGIA

Os resíduos das raízes do capim vetiver foram doados gentilmente pela empresa Deflor Bioengenharia – Contagem/MG. Os ensaios para a obtenção e análises do carvão ativado foram realizados nos laboratórios de química do Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH, exceto as análises de Microscopia Eletrônica de Varredura e Espectroscopia de Infravermelho realizada, que foram realizadas no CEFET-MG e na UFMG, respectivamente.

2.1 PREPARO DO CARVÃO

Os resíduos das raízes do vetiver foram lavados com água quente até que a água da lavagem se tornasse límpida. Em seguida, o material sólido foi seco em estufa a 100 °C. Após a secagem, o resíduo foi triturado e então parte do material foi submetida à ativação com ácido fosfórico para posterior carbonização. Para tanto, foi adicionado 4 g de material precursor a 4 mL da solução de ácido fosfórico (85 % v/v), agitou-se manualmente por 3 min. Em seguida, a mistura foi lavada com água destilada para remover o excesso de ácido e levada à carbonização em forno micro-ondas (900 W de potência a uma frequência de operação em 2450 MHz). O carvão obtido foi codificado com CA1. Esse mesmo procedimento foi repetido mudando somente a forma de carbonização para o forno tipo mufla. Neste procedimento, o resíduo permaneceu por 3 h a 300 °C. O carvão obtido por meio deste método foi codificado com CA2. Os dois procedimentos, carbonização em forno micro-ondas e em forno tipo mufla, foram repetidos para os resíduos sem contato com o ácido fosfórico. Neste caso, os carvões obtidos foram codificados com CA3 e CA4, respectivamente. Todos os métodos são compreendidos na Tabela 1.

2.2 RENDIMENTO

Para o cálculo do rendimento, pesou-se as massas iniciais e finais de (Tabela 2). Assim a diferença entre as massas pode ser empregada para determinação do rendimento conforme a equação (1).

$$R = \frac{m_{final}}{m_{inicial}} \times 100(\%) \quad (1)$$

2.3 ADSORÇÃO DO DICLOFENACO SÓDICO

Pesou-se, com precisão mínima de 0,01 mg, 100 mg dos carvões produzidos, Tabela 2. Transferiu para um erlenmeyer e adicionou 25 mL da solução de diclofenaco sódico 0,1 g.L⁻¹. Esse procedimento foi repetido para todas as concentrações

apresentadas na Tabela 1. As amostras permaneceram sob agitação constante durante 24 h. Após filtração, em papel de filtro comum, foram determinadas as concentrações finais do DCF em cada frasco, utilizando-se uma curva de calibração previamente construída.

Amostras	Carbonização	Concentrações (g/L)
CA1	Tratamento químico/ microondas	0,10; 0,20; 0,40; 0,60; 0,80; 1,0; 2,0; 3,0; 3,5
CA2	Tratamento químico/ Mufla	0,10; 0,20; 0,40; 0,60; 0,80; 1,0
CA3	Microondas	0,10; 0,20; 0,40; 0,60; 0,80; 1,0
CA4	Mufla	0,10; 0,20; 0,40; 0,60; 0,80; 1,0

Tabela 1: Concentrações para análise de adsorção nas amostras de carvão.

2.4 Isotermas de adsorção

A partir dos resultados obtidos ajustou as isotermas experimentais por meio dos modelos matemáticos de Langmuir e Freundlich, utilizando as equações abaixo. A equação (2) é referente ao modelo matemático de adsorção segundo Langmuir.

$$q = \frac{q_{m\acute{a}x} K_L C_{eq}}{1 + K_L C_{eq}} \quad (2)$$

Em que: q = quantidade de soluto adsorvido por grama de solvente no equilíbrio (mg.g^{-1}); $q_{m\acute{a}x}$ = Capacidade máxima de adsorção (mg.g^{-1}); K_L = Constante de interação adsorvato/adsorvente (L.mg^{-1}); C_e = Concentração de adsorvato no equilíbrio (L.mg^{-1}).

O parâmetro R_L foi calculado por meio da equação (3):

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_0} \quad (3)$$

Em que: R_L = fator de separação; K_L = Constante de interação adsorvato/adsorvente (L.mg^{-1}); C_0 = Concentração de adsorvato no equilíbrio (L.mg^{-1}).

A equação (4) corresponde ao modelo matemático de Freundlich.

$$Q_{eq} = K_F C_{eq}^{1/n} \quad (4)$$

Em que: Q_{eq} = quantidade do soluto adsorvido equilíbrio (mg.g^{-1}); C_e = Concentração de equilíbrio na solução (mg.L^{-1}); $1/n$ = Constante relacionada a heterogeneidade a superfície; K_F = Constante de Capacidade de adsorção de Freundlich (mg.g^{-1}).

2.5 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

2.5.1 MICROSCÓPIA ELETRÔNICO DE VARREDURA

A morfologia dos materiais foi estudada por análises via microscopia eletrônica de varredura (MEV) em um equipamento de baixo vácuo da marca Hitachi, modelo TM 3000.

2.5.2 ESPECTROSCOPIA NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO

Os grupos superficiais foram analisados por espectroscopia na região do infravermelho (Shimadzu IRaffinity-1) em equipamento Shimadzu IRaffinity-1, com acessório de reflectância difusa DSR-8000 e resolução 4 cm⁻¹.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos rendimentos gravimétricos para os carvões produzidos são mostrados na Tabela 2. Observa-se, para as amostras submetidas à ativação química, um melhor rendimento percentual quando comparado com as amostras obtidas somente com processo físico. Esse resultado se assemelha aqueles apresentados por Junior (2004), que observou melhores rendimentos para os carvões submetidos à ativação química. Tal fato pode ser explicado, possivelmente, às propriedades de hidrogenação do ácido fosfórico que inibe a formação de voláteis (ALTENOR *et al.*, 2009).

Amostras	Raízes (g)	Rendimento (%)	Rendimento (%)
CA1	4,0	51,30	51,30
CA2	4,0	54,93	54,93
CA3	4,0	28,18	28,18
CA4	4,0	30,57	30,57

Tabela 2: Carvões produzidos a partir das raízes do vetiver.

Os ensaios de adsorção para as amostras CA3 e CA4 não se mostraram promissores, indicando que a ativação física não foi eficiente. Para as amostras CA1 e CA2, as isotermas de adsorção do DCF (Figuras 1 e 2) indicaram elevada adsorção evidenciando a formação de microporos (SILVA, 2012).

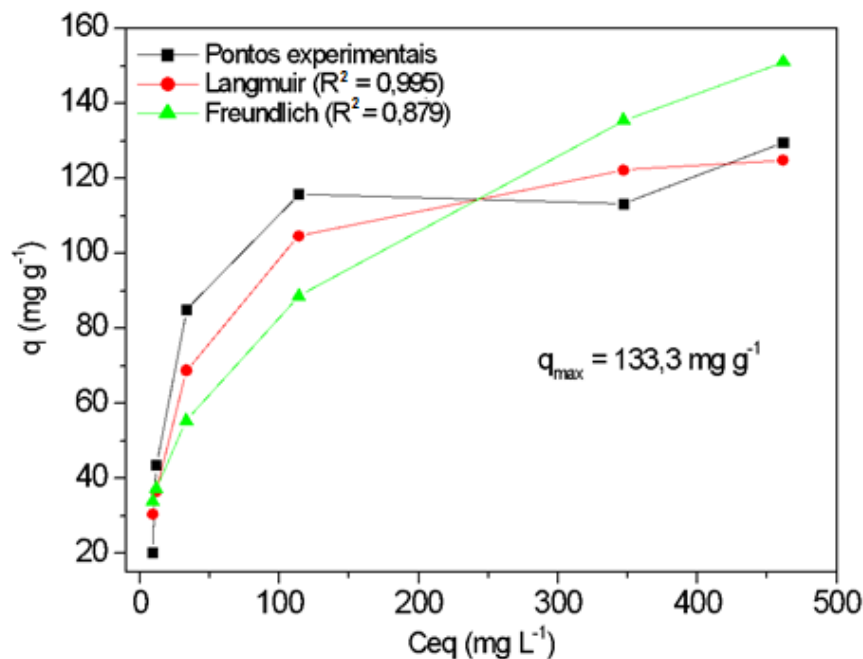


Figura 1: Isoterma de adsorção do diclofenaco de sódio pelo carvão obtido por meio da carbonização por micro-ondas (CA1).

Os perfis das isotermas (experimental e de Langmuir) mostraram um processo de adsorção extremamente favorável. Já o perfil da isoterma de Freundlich indicou um processo favorável para todas as isotermas. As capacidades máximas de adsorção (q_{\max}) dos carvões CA1 e CA2, nas concentrações estudadas, foram de $133,3 \text{ mg.g}^{-1}$ e $714,4 \text{ mg.g}^{-1}$, respectivamente. Os valores calculados para o parâmetro R_L foram $0,03$ e $1,8 \times 10^{-6}$ para as amostra CA1 e CA2, respectivamente. Os valores n para as amostra CA1 e CA2, foram $2,6$ e $3,9$, respectivamente. Esses resultados confirmam os perfis observados para as isotermas. Observa-se, ainda, que para ambas as amostras o melhor ajuste foi o de Langmuir devido ao coeficiente de determinação (R^2) estar mais próximo de um.

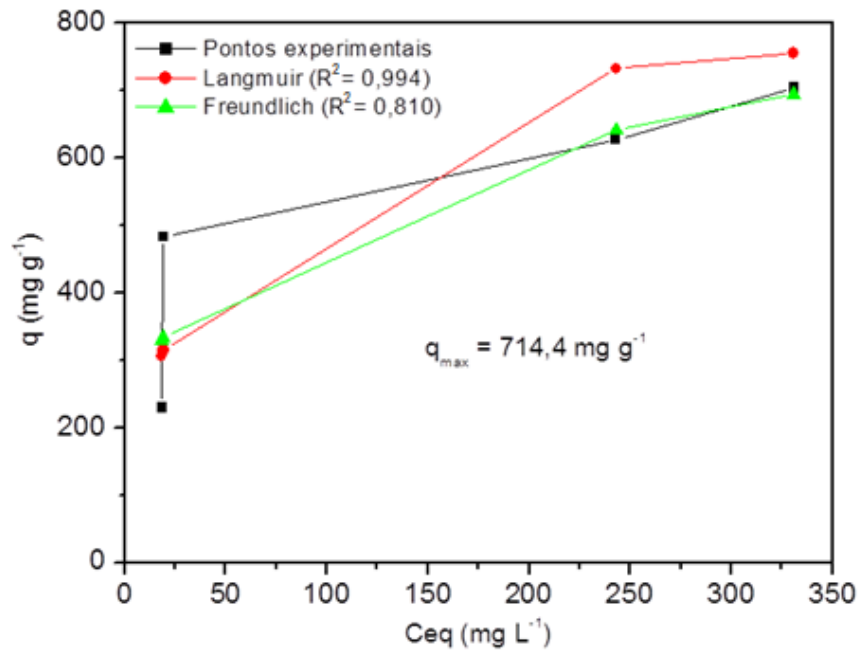
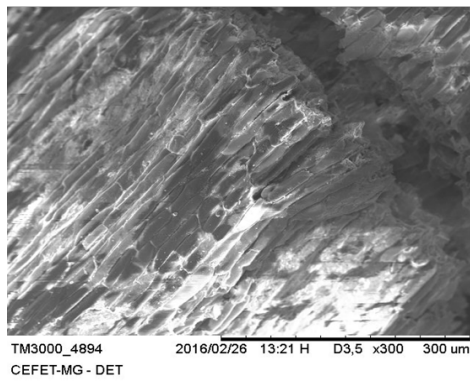


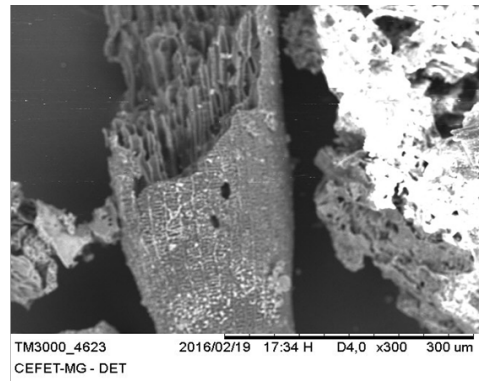
Figura 2: Isoterma de adsorção do diclofenaco de sódio pelo carvão obtido por meio da carbonização por mufla (CA2).

O carvão ativado (CA2) demonstrou ser promissor para adsorção do diclofenaco de sódio, já que possuiu os melhores resultados. Tal afirmação pode ser reforçada quando o resultado de adsorção é comparado com os de outros carvões. Por exemplo, o máximo de adsorção deste mesmo fármaco utilizando o carvão ativado de Pinus foi de aproximadamente 260 mg.g⁻¹ (TONUCCI, 2014).

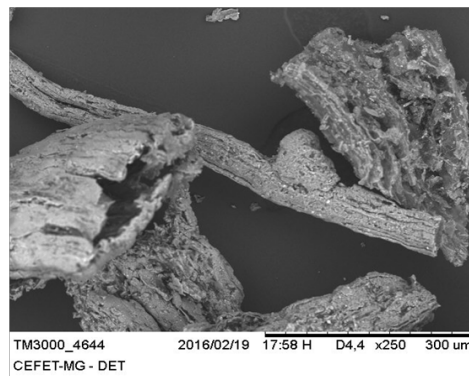
A análise por MEV do precursor mostrou um material com estrutura fibrosa Figura 3 a. Após o processo de carbonização (Figura 3 b, 3 c) observa-se uma modificação na estrutura inicial, com formação de microporos de formato cilíndrico, com homogeneidade visível. Observa-se, ainda, poucas fendas na superfície do carvão.



(a)



(b)



(c)

Figura 3: Micrografia obtida por MEV da raiz do vetiver (a), carvão ativado (CA1) (b) e carvão ativado (CA2) (c).

No espectro de infravermelho dos resíduos das raízes do vetiver (Figura 4), a banda em 3400 cm^{-1} pode ser atribuída ao estiramento vibracional do grupo O-H. As absorções localizadas na região de 2970 até 2850 cm^{-1} são características de vibrações simétricas e assimétricas de grupos metilas e metilenos. A absorção situada em 1730 cm^{-1} é típica de estiramento vibracional de C=O de carbonila. As absorções em 1640 e 1460 cm^{-1} , são referentes ao estiramento vibracional C=O e N-H de amidas. Também foram observadas absorções entre 1000 e 1180 cm^{-1} , referentes ao estiramento vibracional de C-O de alcoóis.

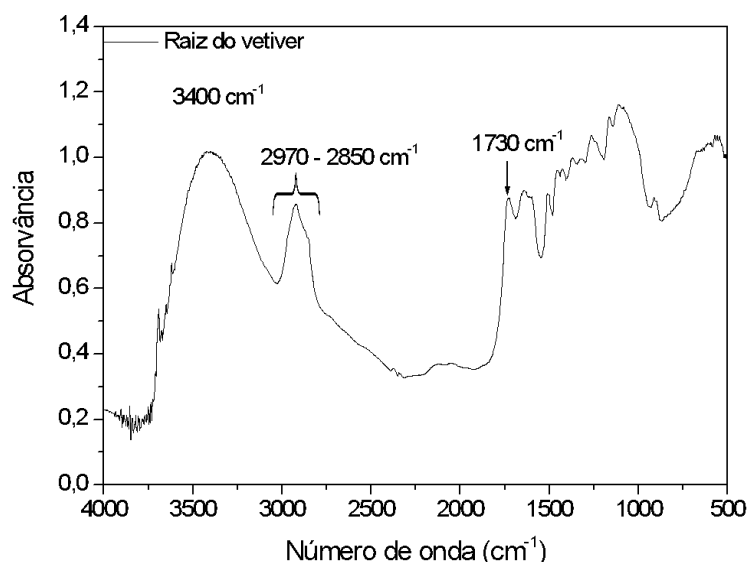


Figura 4: Espectro de infravermelho dos resíduos das raízes do vetiver.

Após o processo de carbonização, tanto em micro-ondas quanto em forno do tipo mufla, pode-se observar a redução das bandas referentes aos grupos funcionais presente no material de partida (Figura 5 e 6).

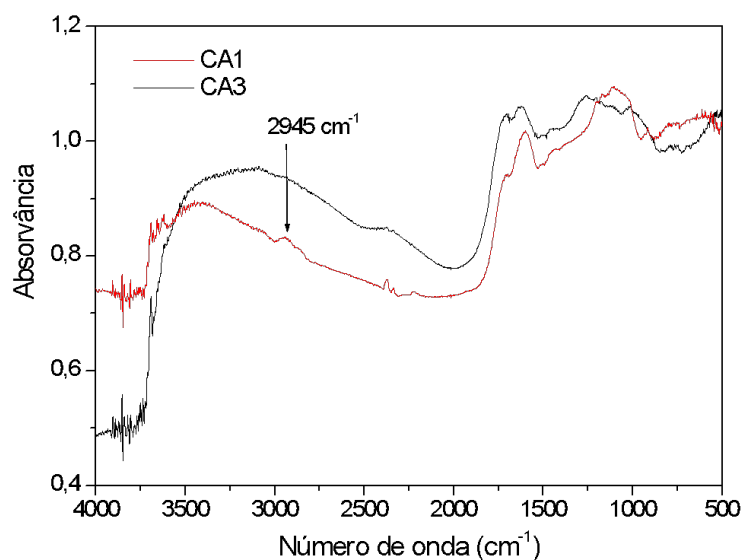


Figura 5: Espectros de infravermelho dos carvões carbonizados em microondas. Linha vermelha sem ativação química e linha preta ativado com ácido fosfórico.

Os espectros de infravermelho das amostras sem tratamento químico e com a ativação química mostraram reduções para a banda na região de 2970 até 2850 cm^{-1} . Já para as amostras tratadas com o ácido fosfórico observou-se o completo desaparecimento desta banda, o que evidencia a ocorrência da pirólise do material

(RAMOS *et al.*, 2009).

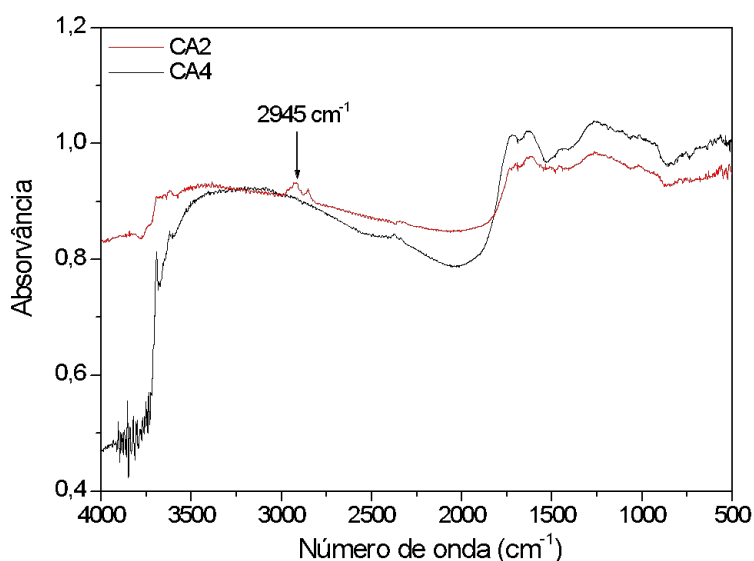


Figura 6: Espectros de infravermelho dos carvões carbonizados em forno tipo mufla. Linha vermelha sem ativação química e linha preta ativado com ácido fosfórico.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento de águas no Brasil ainda é ineficiente para a remoção de fármacos, sendo necessários maiores estudos para a adição de etapas que eliminem e/ou minimizem esses contaminantes de águas públicas. O carvão ativado é altamente eficiente para esta descontaminação. Por meio dos resultados obtidos é evidente que a raiz do vetiver possui alto potencial como matéria-prima para a produção de carvão ativado, apresentando-se economicamente viável devido seu descarte por empresas de mudas, extração de óleo, entre outras. Ao se comparar o material aqui produzido com outros encontrados na literatura, verifica-se que este apresentou maior capacidade adsorptiva, ou seja, mais eficiente. O carvão obtido pode ser, também, aplicado a adsorção de outros contaminantes orgânicos ou inorgânicos, bem como ser empregado como suporte para catalisadores, etc.

5 | AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deflor Bioengenharia pelo resíduo de raiz fornecido.

REFERÊNCIAS

ALTENOR, S. *et al.* **Adsorption studies of methylene blue and phenol onto vetiver roots activated carbon prepared by chemical activation.** *Journal of Hazardous Materials*, v. 165, n. 1-3, p. 1029-1039, 2009.

ALVES, R. F *et al.* **Produção de carvão ativado a partir de endocarpo de coco da baía**

visando o armazenamento de gás natural. In: Congresso nacional de engenharia de petróleo, gás natural e biocombustíveis, 2015 Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/conepetro/trabalhos/Modalidade_4datahora_29_03_2015_23_22_15_idinscrito_1777_71898b9ff62a9f1dcf39d2b9c146e66f.pdf>. Acesso em: 19 out. 2015.

AMÉRICO, J. H. P. *et al.* **Ocorrência, destino e potenciais impactos dos fármacos no ambiente.** SaBios-Revista de Saúde e Biologia, v.8, n.2, p.59-72, 2013. Disponível em: <<http://revista.grupointegrado.br/revista/>> Acesso em: 03 nov. 2015.

BARBOSA, C. S. *et al.* **Remoção de compostos fenólicos de soluções aquosas utilizando carvão ativado preparado a partir do aguapé (*Eichhornia crassipes*): estudo cinético e de equilíbrio termodinâmico.** Química Nova, v. 37, n. 3, p. 447-453, 2014. Disponível em: <<http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/v37n3a10.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2015.

CHAVES, T. de A.; DE ANDRADE, A. G. **Capim vetiver: produção de mudas e uso no controle da erosão e na recuperação de áreas degradadas.** Embrapa Solos-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E), 2013. Disponível em: <http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/39_Capim_Vetiver.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2015.

CHOU, S. *et al.* **Study of the chemical composition, antioxidant activity and anti-inflammatory activity of essential oil from *Vetiveria zizanioides*.** Food Chemistry, v. 134, n. 1, p. 262-268, 2012.

CHOU, S.; SHIH, Y.; LIN, C. **Vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) oils.** In: Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety. Academic Press, 2016. p. 843-848.

COSTA, A. S. C.; COSTA, M. S. **Poluentes farmacêuticos: a poluição silenciosa.** Jornal eletrônico: Faculdades integrativas Vianna Júnior, 2011. Disponível em: <http://www.viannajr.edu.br/files/uploads/20140221_095032.pdf>. Acesso em: 20 out. 2015.

CRESTANA, G. B.; SILVA, J. H. **Fármacos residuais: panorama de um cenário negligenciado.** Revista Internacional de Direito e Cidadania, v. 9, p. 55-65, 2011. Disponível em: <<http://www.reid.org.br/arquivos/00000226-05-09-crestana.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2015.

GASPARD, S. *et al.* **Activated carbon from vetiver roots: gas and liquid adsorption studies.** Journal of Hazardous Materials, v. 144, n. 1-2, p. 73-81, 2007.

SCHETTINO, M. A. *et al.* **Preparação e caracterização de carvão ativado quimicamente a partir da casca de arroz.** Química Nova, v. 30, n. 7, p. 1663, 2007.

PEREIRA, A. R. **Uso do Vetiver na estabilização de taludes e encostas.** Belo Horizonte: Boletim Técnico DEFLORE–Bioengenharia, v. 1, 2006.

RAMOS, P. H. *et al.* **Produção e caracterização de carvão ativado produzido a partir do defeito preto, verde, ardido (PVA) do café.** Química Nova, v. 32, n. 5, p. 1139-1143, 2009.

RIGOBELLO, E. S. **Avaliação da remoção de diclofenaco e formação de subprodutos em tratamento de água.** 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75135/tde-24072012-165052/pt-br.php>>. Acesso em: 17 out. 2015.

SILVA, N. C. **Remoção de antibióticos da água por meio do processo de adsorção em carvão ativado.** 2012. Tese de mestrado. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/97882>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

TONUCCI, M. C. **Adsorção de diclofenaco, estradiol e sulfametoxazol em carvões ativado e nanotubos de carbono: estudos cinéticos e termodinâmicos.** f. 108 . Dissertação de mestrado.

Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/4332>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

TRUONG, P.; TAN VAN, T.; PINNERS, E. **Sistema de aplicação vetiver: manual de referência técnica**. Rede Internacional de Vetiver. ed. 2. Pernambuco, 2008. Disponível em: <http://www.vetiver.org/BRA_Brazil_Port_o.pdf>. Acesso em 03 nov. 2015.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Jorge González Aguilera: Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

Alan Mario Zuffo: Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-473-3

