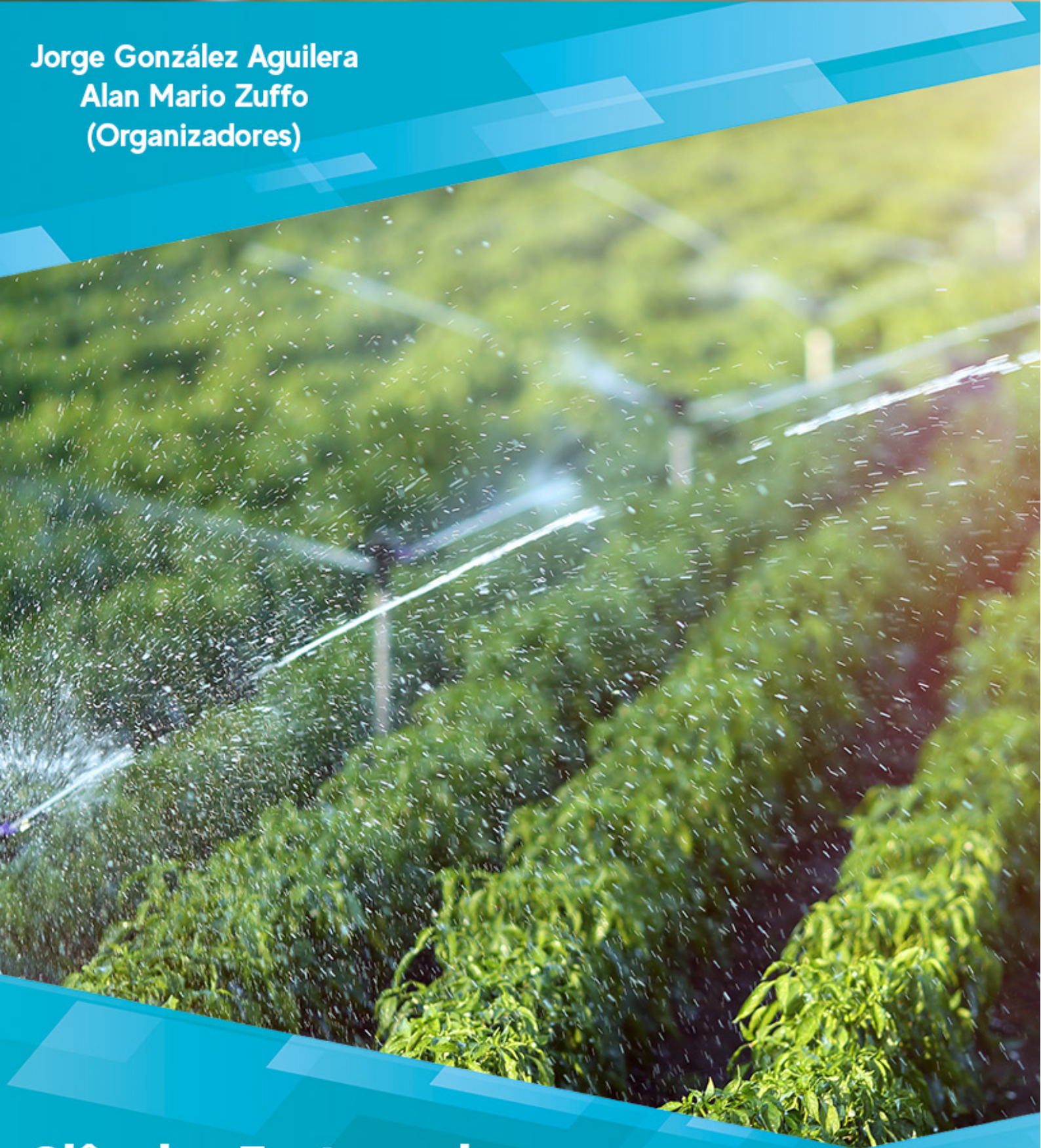


**Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo  
(Organizadores)**



**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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<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>	
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
<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

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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7331911071</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>7</b>
APLICAÇÃO DA ESTATÍSTICA MULTIVARIADA NO DIAGNÓSTICO DO PROCESSO DE SALINIZAÇÃO EM AÇUDES DO SEMIÁRIDO NORDESTINO, CEARÁ/BRASIL	
José Batista Siqueira Sanmy Silveira Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7331911072</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>18</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7331911073</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>27</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7331911074</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>42</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7331911075</b>	

**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

Iemedelais 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**

<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>247</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73319110722</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>256</b>
USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA BACIA DO RIO PUNHAÍ, LITORAL NORTE DA BAHIA	
Ricardo Acácio de Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73319110723</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>263</b>
ADMINISTRAÇÃO: FERRAMENTA DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO	
Esmeraldo Bezerra de Melo Junior	
Claudio Jorge Gomes da Rocha Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73319110724</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>275</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73319110725</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>287</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73319110726</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>299</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.73319110727</b>	

**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**

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

### **César de Oliveira Ferreira Silva**

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Departamento de Engenharia Rural, Campus de Botucatu-SP.

### **Manuel Enrique Gamero Guandique**

Universidade Estadual Paulista, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Departamento de Engenharia Ambiental, Campus de Sorocaba-SP.

**RESUMO:** O presente trabalho tratou da aplicação de dois métodos (Raio Fixo Calculado e Wyssling) para determinação de perímetros médios de proteção de poços de captação de água para os diferentes Sistemas-Aquíferos que compõem a hidrogeologia do Estado de São Paulo. Pelo método do Raio Fixo Calculado (RFC) os perímetros variam entre 20 e 50 metros. Pelo método de Wyssling os raios variam de 33 a 55 metros a montante e de 10 a 46 metros a jusante. Esses resultados mostram que o Imediato de Proteção Sanitária definido pelo Decreto Estadual nº 32.955/1991 não é universalmente adequado dentro do Estado de São Paulo, sendo mais adequado analisar particularmente a necessidade de proteção de cada poço, no caso o Perímetro de Alerta, também previsto nessa legislação.

**Palavras-chave:** perímetros de proteção de poços, hidrogeologia, águas subterrâneas

### DETERMINATION OF PERIMETERS OF PROTECTION OF WELLHEAD IN DIFFERENT AQUIFER SYSTEMS OF THE STATE OF SÃO PAULO

**ABSTRACT:** This paper discusses the application of two methods (Fixed Radius Calculated and Wyssling) to determine the average wellhead protection perimeters for different aquifer systems that constitute the hydrogeology of the State of São Paulo. By the Calculated Fixed Radius (RFC) method the perimeters vary between 20 and 50 meters. By the Wyssling method the protection perimeters vary from 33 to 55 meters upstream and from 10 to 46 meters downstream. These results show that the Immediate Perimeter of Sanitary Protection defined by State Decree No. 32.955 / 1991 is not universally adequate within the State of São Paulo, and it is more appropriate to analyze in particular the need to protect each well, in the case of the Alert Perimeter, also provided for in that legislation.

**KEYWORDS:** waterhead protection perimeters, hydrogeology, groundwater

## 1 | INTRODUÇÃO

A água doce é um bem a ser preservado e protegido por ser escasso e essencial para humanidade. Juridicamente essa ideia é alicerçada na Lei da Política Nacional de Recursos Hídricos, que é taxativa ao afirmar que a água é um recurso natural limitado (II, artigo 1º, da Lei 9.433/97). Assim a água passou a ser motivo de preocupação, tanto no que se refere à quantidade quanto à qualidade. Dentro da Hidrologia destaca-se, na atual busca de alternativas por segurança hídrica, a Hidrogeologia, que é o ramo da Hidrologia que estuda a água subterrânea, em especial a sua relação com o ambiente geológico. Trata das condições geológicas e hidrológicas, com base nas leis da Física e da Química, que regem a origem, a distribuição e as interações das águas subterrâneas; as intervenções humanas devem basear-se na aplicação de tais conhecimentos: prospecção, captação, proteção.

Quando formações geológicas armazenam água e liberam em quantidade suficiente para determinado fim se denominam aquíferos. Neste caso os corpos rochosos apresentam as melhores características de porosidade (estocagem) e de permeabilidade (fluxo). Aquíferos são, portanto, rochas ou solos saturados de água e permeáveis que permitem o fluxo de água. No aspecto prático, é um material contendo suficiente capacidade de armazenamento e liberação de água subterrânea para captação em poços (ANDERSON, WOESSNER, 1992).

Nesse contexto de preservação ambiental, as águas subterrâneas, por serem afetadas contínua e diretamente pela ação antrópica, sobretudo quando se localizam no tecido urbano, tornam-se elementos-chave na segurança hídrica (FOSTER et al., 2013), fazendo-se necessário o controle dos agentes antrópicos que mantêm contato com a água subterrânea (prevenindo a contaminação, poluição e perda de qualidade ambiental do aquífero) por meio de um gerenciamento que previna tais riscos de perda de qualidade ambiental da água (BEGHELLI et al., 2015).

Vale salientar que, do ponto de vista hidrogeológico, a qualidade da água subterrânea é tão importante quanto o aspecto quantitativo. Os processos e fatores que interferem na qualidade, potabilidade e capacidade de utilização das águas subterrâneas podem ser externos, ou mesmo intrínsecos ao aquífero. Muitos fatores interferem na qualidade das águas subterrâneas, como o clima, composição da água de recarga, tempo de contato água/meio físico, litologias atravessadas, além da contaminação causada pelo homem, que gera degradação desses corpos hídricos (ANDERSON, WOESSNER, 1992).

Assim, é primordial proteger os poços de captação, pois a perfuração de poços cria o risco de contato direto com agentes poluidores e contaminantes (TUBAU et al., 2017), que quando contaminadas tem um processo de recuperação mais lento e trabalhoso comparado ao das águas superficiais (FREIRE et al., 2014). Também há o problema da demora na detecção do problema e da fonte poluidora (TUBAU et al., 2017, LI et al., 2017).

Uma medida eficaz para proteger a captação de água subterrânea é a restrição e controle do uso do solo de terrenos ao redor do ponto de captação (COELHO et al., 2017). Assim, como indicado por (FOSTER et al., 2013), devem ser definidos perímetros de proteção para balizar o plano de gestão da qualidade de poços de captação.

O presente trabalho analisou a salvaguarda legal a respeito da qualidade da água subterrânea no Estado de São Paulo verificando a efetividade da legislação quanto à proteção para poços de captação, comparando-a com o caso de poços no município de Sorocaba/SP, aplicado aos métodos do Raio Fixo Calculado e de Wyssling.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

De Iritani e Ezaki (2010) foram retirados dados gerais sobre os aquíferos granular e fraturado, como porosidade efetiva, espessura saturada, condutividade hidráulica e gradiente hidráulico. Os dois métodos descritos a seguir seguem a orientação de Iritani e Ezaki (2010) e determinam o perímetro de proteção tendo como referencial central o ponto de captura de água, desse modo cobrindo a chamada Zona de Contribuição.

### Método do Raio Fixo Calculado

Consistiu na determinação de um raio com o ponto de captação sendo seu centro, que indica uma seção cilíndrica do aquífero. Partiu-se de uma equação volumétrica, que pode utilizar o tempo de propagação do poluente até à captação ou o rebaixamento do nível piezométrico. Os parâmetros utilizados são a vazão de captação de água, a espessura saturada, a porosidade efetiva. O raio fixo foi calculado pela equação 1, a seguir.

$$r = \sqrt{\frac{Q_t}{n_e b \pi}} \quad (1)$$

Sendo  $Q_t$  a vazão de captação ( $m^3/dia$ ),  $n_e$  a porosidade efetiva e  $b$  a espessura saturada do aquífero (m).

A Figura 1 expõe de forma esquemática a delimitação do perímetro de proteção de poço pelo método RFC.

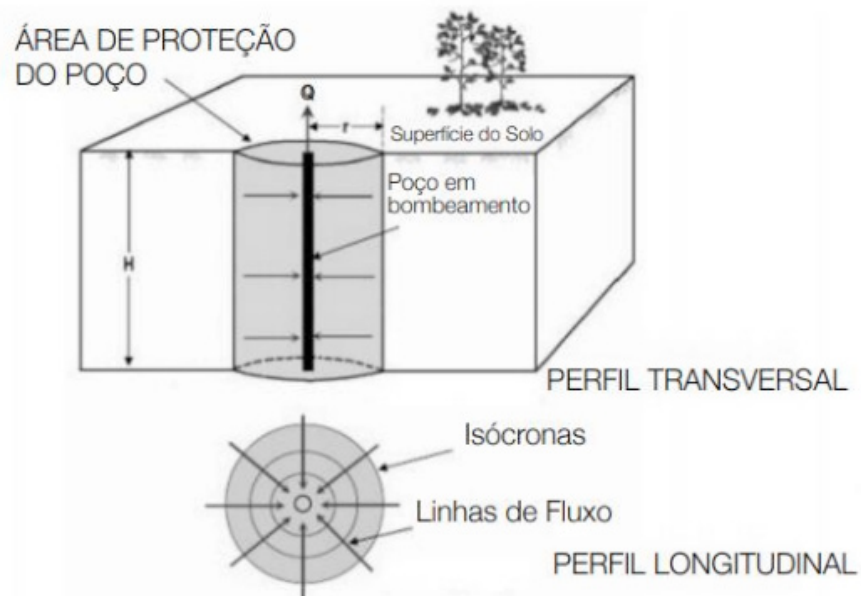


Figura 1. Delimitação do perímetro de proteção de poço utilizando o método do raio fixo calculado (adaptado de USEPA, 1994 *apud* Carvalho e Hirata, 2012)

### Método Wyssling

Determinou a distância de proteção que diferencia a montante da jusante do ponto de captação, cobrindo a zona de contribuição do aquífero, onde se observa um rebaixamento do nível da água causado pelo bombeamento do poço. Utilizou como parâmetros a porosidade, condutividade hidráulica e gradiente hidráulico. Calculou-se primeiro a largura da zona de captação ( $B$ ) pela equação 2:

$$B = \frac{Q_t}{Kbi} \quad (2)$$

Sendo  $K$  a condutividade hidráulica (m/dia) e  $i$  o gradiente hidráulico. O raio de chamada (distância da captação ao ponto neutro a jusante,  $X_0$ ) foi calculado pela equação 3:

$$X_0 = \frac{Q}{2\pi Kbi} \quad (3)$$

E a largura da zona de captação na altura do poço ( $B'$ ), em metros, pela equação 4:

$$B' = \frac{B}{2} = \frac{Q}{Kbi} \quad (4)$$

Calculou-se a velocidade real ( $V_e$ ), em m/dia, pela equação 5:

$$V_e = \frac{Ki}{n_e} \quad (5)$$

Já a distância linear ( $L$ ), em metros, correspondente ao tempo de trânsito  $t$  foi calculada pela equação 6:

$$L = V_e t \quad (6)$$

O tempo de trânsito pode ser interpretado como o tempo que uma partícula levaria para alcançar o ponto de captação após entrar no cilindro de proteção do

poço, ou seja, é o tempo necessário para minimizar a concentração de algum agente poluidor. Assim, determinou-se pelas equações 7 e 8, respectivamente, as distâncias, em metros, à montante e jusante da captação:

$$S_0 = \frac{L + \sqrt{L(L + 8X_0)}}{2} \quad (7)$$

$$S_u = \frac{-L + \sqrt{L(L + 8X_0)}}{2} \quad (8)$$

Sendo  $S_0$  a distância correspondente ao tempo (t) no sentido do fluxo (a montante da captação) e  $S_u$  a distância correspondente ao tempo (t) no sentido do fluxo (a jusante da captação).

A Figura 2 expõe de forma esquemática a delimitação do perímetro de proteção de poço pelo método de Wyssling com suas diferentes zonas.

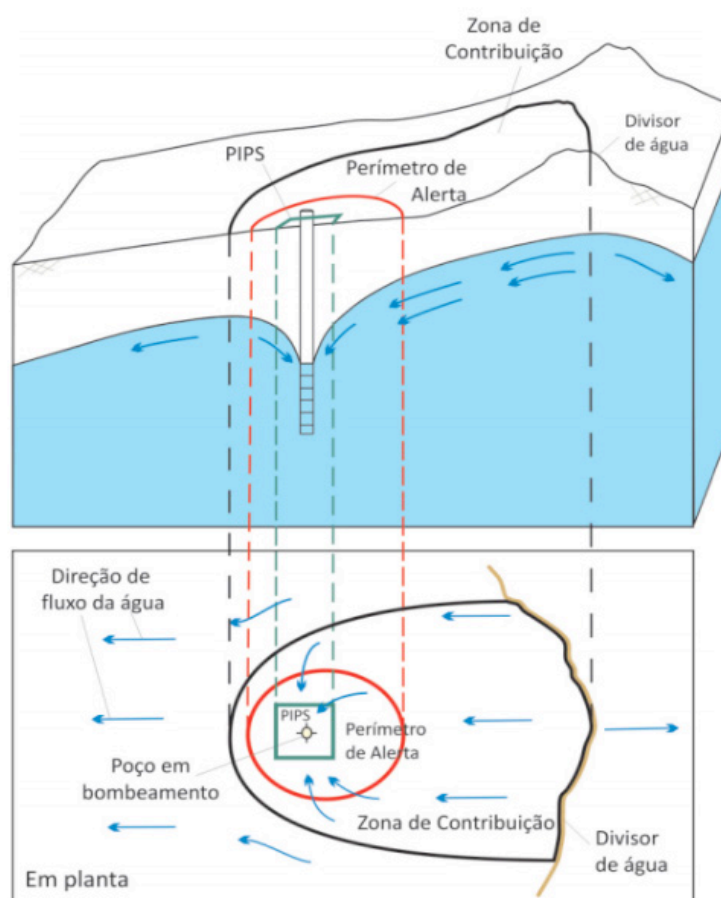


Figura 2. Delimitação do perímetro de proteção de poço utilizando o método de Wyssling (Retirado de Iritani e Ezaki, 2010)

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Da legislação do Estado de São Paulo destaca-se o Decreto nº 32.995 de 7 de fevereiro de 1991 (SÃO PAULO, 1991) que legisla acerca da manutenção e proteção da qualidade ambiental das águas subterrâneas. O decreto nº 32.995 reconheceu a importância e a necessidade de cuidado com as águas subterrâneas (art. 3º e também



todo cap. II) e embasada nisso instaurou um perímetro de proteção de poço em seu artigo 20º, item III, onde estipulou o perímetro de proteção como uma das “áreas de proteção de poços e outras captações” (SÃO PAULO, 1991). Também estabeleceu uma área de Perímetro Imediato de Proteção Sanitária (com raio de 10 metros a partir do ponto de captação, devendo ser cercado e protegido com telas e interior resguardado da entrada ou penetração de poluentes) e um Perímetro de Alerta (área de proteção com tempo de transição de 50 dias destinada ao controle máximo das fontes poluidoras).

A tabela 1 apresenta os perímetros obtidos pelos dois métodos e a vazão de exploração utilizada para cada aquífero estudado. Vale notar que essas vazões são valores médios em relação à capacidade de exploração do aquífero, constituindo-se em cenários de simulação de poços de alta captação em relação a capacidade.

Aquífero	Vazão Média (m³/h)	RFC (m)	Wyssling (m)	
			A montante	A jusante
<b>Cristalino</b>	40	39.1	45.5	33.5
<b>Furnas</b>	25	28.2	35.1	22.6
<b>Guarani (aflorado)</b>	50	29.1	33.6	25.3
<b>Guarani (confinado)</b>	150	50.5	54.8	46.5
<b>Bauru</b>	50	36.4	43.2	30.7
<b>Serra Geral</b>	60	43.7	54.1	35.3
<b>Taubaté</b>	70	32.1	38.4	26.8
<b>São Paulo</b>	45	41.5	49.6	34.6
<b>Litorâneo</b>	15	30.9	32.5	29.4
<b>Tubarão</b>	40	20.9	40.7	10.7

**Tabela 1.** Perímetros definidos para cada aquífero, em valores médios

É notável como os raios delimitados pelos dois métodos excedem o perímetro genérico prevista na lei estadual, mostrando-se insuficiente para assegurar a qualidade ambiental do poço.

Pode-se destacar que o perímetro genérico de 10 metros não satisfaz em sua grande maioria a necessidade de proteção dos poços. A maioria dos poços analisados excedeu o máximo estipulado por lei em ambos os métodos, indicando que ao se considerar as particularidades hidrogeológicas dos poços, o perímetro genérico mostrou-se incapaz de abarcar o risco de contaminação e perda de qualidade ambiental.

Para análises mais profundas sobre a determinação de perímetros de proteção

para poços de captação de água é necessária a realização de estudos locais com maior resolução espaço-temporal, uma vez que a heterogeneidade geológica é multiescalar e deve ser caracterizada para determinar o risco exploratório de determinada locação de poço tubular profundo, assim como projetar cenários distintos para cada tipo de contaminante, pois, por exemplo, quando há compostos parcialmente miscíveis e mais pesados que a água, a tendência de fluxo em meio subterrâneo é ser controlada predominantemente pela estrutura do solo e das rochas. Desta forma, até mesmo para um raio arbitrário, é necessário hierarquizar as fontes de contaminação.

## 4 | CONCLUSÕES

Os métodos estudados geraram perímetros de proteção pequenos, já que as vazões médias captadas analisadas eram baixas. Seriam de fácil cumprimento se fossem exigidas em um plano de gestão de águas subterrâneas. Esses resultados podem ser adequados ao conceito de Perímetro de Alerta definido pelo Decreto Estadual nº 32.955/1991 (SÃO PAULO, 1991), sendo necessário analisar a necessidade particular de proteção de cada poço de acordo com suas particularidades hidrogeológicas.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, M. P.; WOESSNER, W. W. **Applied groundwater modeling. Simulation of flow and advective transport**. San Diego: Academic Press, 1992. 381 p.

BEGHELLI, F., CARVALHO, M.E.K., PECHE FILHO, A., MACHADO, F.H. Uso do índice de estado trófico e análise rápida da comunidade de macroinvertebrados como indicadores da qualidade ambiental das águas na Bacia do Rio Jundiá-Mirim – SP – BR. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 19, n. 1, pp. 13-22, 2015.

CARVALHO, A. M.; HIRATA, R. Avaliação de métodos para a proteção dos poços de abastecimento público do Estado de São Paulo. **Geologia USP, Série científica**, v. 12, n. 1, p. 5-70, 2012.

COELHO, S. C., DUARTE, A. N, AMARAL, L. S., DOS SANTOS, P. M., SALLES, M. J., DOS SANTOS, J. A. A., SOTERO-MARTINS, A. Monitoramento da água de poços como estratégia de avaliação sanitária em Comunidade Rural na Cidade de São Luís, MA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, vol. 12, n.1, pp. 156-167, 2017.

FOSTER, S.; HIRATA, R; ANDREO, B. The aquifer pollution vulnerability concept: aid or impediment in promoting groundwater protection? **Hydrogeology Journal**, p. 737-750, 2013.

FREIRE, P.A.C., TRANNIN, I.C.B., SIMÕES, S. J. C. Bombeamento e tratamento da fase livre em Aquífero Litorâneo. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 19, n.4, 2014..

IRITANI, M. A.; EZAKI, S. **Roteiro Orientativo para Delimitação de Área de Proteção de Poço. Cadernos do Projeto Ambiental Estratégico Aquíferos**. São Paulo, Instituto Geológico, n. 2, 2010. 60p.

LI, Z., CHEN, X., LIU, W., SI, B. Determination of groundwater recharge mechanism in the deep loessial unsaturated zone by environmental tracers. **Science of The Total Environment**, vol. 586, pp. 827-835, 2017.

SÃO PAULO. **Decreto Estadual nº 32.955, de 07 de fevereiro de 1991. Regulamenta a Lei nº 6.134, de 2 de junho de 1988.** São Paulo, 1991.

TUBAU, I., VÁZQUEZ-SUÑÉ, E., CARRERA, J., VALHONDO, C., CRIOLLO, R. Quantification of groundwater recharge in urban environments. **Science of The Total Environment**, vol. 586, pp. 827-835, 2017.

USEPA – U.S. ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. **Ground water and wellhead protection.** Handbook. Washington: USEPA, Office of Research and Development, 1994.

## **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](mailto: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](mailto:alan_zuffo@hotmail.com)

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

