

**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

#### **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](http://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

<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**

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO OESTE DE SANTA CATARINA, BRASIL

### **Janete Facco**

Geógrafa, pesquisadora Projeto Rede Guarani/Serra Geral, Pós-Doutoranda em Geografia Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC)

### **Fabio Luiz Carasek**

Biólogo, pesquisador Projeto Rede Guarani/Serra Geral, Mestre Unochapecó, Chapecó (SC)

### **Sival Francisco de Oliveira Junior**

Acadêmico Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul – Chapecó (SC)

### **Luiz Fernando Scheibe**

Geólogo, Coordenador Projeto Rede Guarani/Serra Geral, Professor Emérito Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC)

### **Manuela Gazzoni dos Passos**

Bióloga, Doutora em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina-PR, professora da Unoesc, –Chapecó (SC)

### **Mariana Muniz Blank**

Geóloga, Mestranda pesquisadora Projeto Rede Guarani/Serra Geral, Universidade Federal de Santa Maria (RS)

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) em uma região situada no oeste do estado de Santa Catarina. Foram selecionados 105 poços dos quais 5 exploram água do Aquífero

Guarani e 100 do Aquífero Serra Geral. Coletada uma amostra de cada poço, as mesmas foram submetidas a análises microbiológicas (coliformes totais e *Escherichia coli*) e físico-químicas (oxigênio dissolvido, pH, turbidez, condutividade elétrica, alcalinidade, cloretos, flúor, sulfatos, potássio, sódio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, nitrato). Para possíveis pontos de contaminação por hidrocarbonetos BTEX (benzeno, tolueno, etil-benzeno, xilenos) analisou-se a água de 25 poços no meio urbano, em pontos estratégicos próximos a possíveis agentes de risco de contaminação. Em outros 25 poços do meio rural a água foi coletada para análise de presença de glifosato. Nas águas subterrâneas constatou-se amostras de alguns poços com parâmetros de turbidez, pH, ferro, manganês, coliformes totais e termotolerantes em desconformidade com a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde. Não foi detectada em nenhum dos poços contaminação por BTEX e glifosato.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aquífero Guarani; Aquífero Serra Geral; Águas subterrâneas; Potabilidade.

UNDERGROUND WATER QUALITY IN THE WEST OF SANTA CATARINA STATE, SOUTHERN BRAZIL

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate the groundwater quality of the Guarani/Serra Geral Integrated Aquifer System (SAIG/SG) in the western part of the state of Santa Catarina. A total of 105 wells were selected, of which 5 exploit water resources of the Guarani Aquifer and 100 of the Serra Geral Aquifer. A sample of each well was submitted to microbiological (total coliforms and *Escherichia coli*) and physicochemical analyzes (dissolved oxygen, pH, turbidity, electrical conductivity, alkalinity, chlorides, fluorine, sulfates, potassium, sodium, calcium, magnesium, iron, manganese, nitrate). For possible points of contamination by BTEX hydrocarbons (benzene, toluene, ethyl benzene, xylenes) the water of 25 wells in the urban environment was analyzed.. 25 water samples of wells in the rural área were analyzed for glyphosate. In the groundwater samples of some wells the turbidity, pH, iron, manganese, total coliforms and thermotolerant parameters were found in disagreement with Ministry of Health Ordinance 2914/2011. No contamination was detected in any of the wells by BTEX and glyphosate.

**KEYWORDS:** Guarani Aquifer; Serra Geral Aquifer; Groundwater; Potability.

## 1 | INTRODUÇÃO

A água é um recurso necessário para todas as formas de vida, bem como para o desenvolvimento das mais diversas atividades humanas. O constante aumento do uso da água para abastecimento e nos diversos setores econômicos do Brasil demanda investimentos em pesquisas para desenvolver políticas públicas efetivas através de modelos de gestão eficientes, com base em um olhar sistêmico e integrado sobre os recursos hídricos. Existe necessidade de investir no conhecimento dos aquíferos e das águas subterrâneas para o desenvolvimento da gestão integrada dos recursos hídricos se tornar possível. Atualmente, no Estado de Santa Catarina, o controle na perfuração de poços não é efetivo, o que pode favorecer a poluição das águas subterrâneas via poços perfurados inapropriadamente e/ou funcionando em condições inadequadas, além de provocar riscos à saúde humana e do ambiente. Isso, porque ocorrem muitas perfurações clandestinas, sem o acompanhamento de profissionais da área da hidrogeologia, especialmente no Oeste do estado (Regiões Hidrográficas 1 e 2).

O objetivo deste estudo foi obter novos dados sobre a qualidade das águas subterrâneas dos Sistemas Aquíferos Serra Geral (SASG) e Guarani (SAG) para propiciar a gestão mais eficiente dos mesmos. Para REBOUÇAS (2015, p 33) “as águas subterrâneas, notável patrimônio nacional, vêm sendo rapidamente apropriadas pelos setores econômicos dominantes, e ainda estão desprotegidas jurídica e institucionalmente, tanto em nível federal, estadual e municipal.”

Chapecó exerce forte influência sobre a mesorregião Oeste Catarinense, destacando-se nas atividades comerciais e na oferta de equipamentos e serviços. Esta é a maior cidade da região Oeste Catarinense, tanto em termos populacionais

quanto de influência, possuindo indústrias de grande porte instaladas em seu território, (FACCO, ENGLER, 2017).

Uma vez que a exploração das águas subterrâneas é fonte essencial para manutenção dos setores econômicos sejam eles primário (criação de animais para abate e gado leiteiro, irrigação de hortifruti), setor de transformação de matéria-prima (agroindústrias de transformação de carnes, principalmente) e terceiro setor (comércio, abastecimento público e serviços).

Destacam-se os registros de alto percentual de contaminação dos recursos hídricos, (por falta de esgotamento sanitário, por dejetos de animais, resíduos de agrotóxicos e das agroindústrias, dentre outros), conforme diversos estudos no oeste de Santa Catarina, onde se localizam as Regiões Hidrográficas 1 e 2 (DAL PISSOL; SOUZA-FRANCO, (2003); BAVARESCO, (2006); SANTA CATARINA, 2009; FACCO, (2011); FILIPINI, (2013); BALDISSERA; REIS, (2014); FACCO et al, (2014); FACCO; ENGLER, (2017).

Existe necessidade de investir no conhecimento dos aquíferos e das águas subterrâneas para o desenvolvimento da gestão integrada dos recursos hídricos se tornar possível. Conhecedores da realidade regional e cientes de suas responsabilidades perante a mesma, pesquisadores de universidades e instituições de pesquisa de Santa Catarina, do Rio Grande do Sul e do Paraná propuseram a formação da Rede Guarani/Serra Geral, com o objetivo de gerar conhecimento para a gestão integrada das águas superficiais e das águas subterrâneas, visando o aproveitamento e a conservação das águas do SAIG/SG, no ano de 2004 (REDE GUARANI/SERRA GERAL, 2015, p. 13).

O principal fato que justifica esta pesquisa é a falta de informações sobre a qualidade das águas subterrânea existentes no cenário que se contextualiza em todo Oeste Catarinense, pertencente às Regiões Hidrográficas 1 e 2. Conforme constata Trindade (2016), os Comitês de Bacias não conseguem fazer a gestão integrada dos recursos hídricos em Santa Catarina, isto porque, o Estado não implementou seu Plano Estadual de Recursos Hídricos (está pronto e aguarda oficialização), que é o que vai nortear todo trabalho de gestão a ser realizado pelos comitês.

O objetivo desse trabalho é fornecer subsídios sobre a qualidade das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) no Oeste de Santa Catarina, Brasil.

## **2 | METODOLOGIA**

Foram coletadas águas de 105 poços (100 poços SASG e 5 poços SAG) nas Regiões Hidrográficas 2 e 1 (Figura 1), correspondentes ao Oeste Catarinense, localizado na região sul do Brasil.



Figura 1: Localização área de estudo, nas RH 1 e 2 em SC

Realizou-se análises microbiológicas (coliformes totais e coliformes fecais *Escherichia coli*) e físico-químicas (oxigênio dissolvido, pH, turbidez, condutividade elétrica, alcalinidade, nitrato, cloretos, sulfato, potássio, sódio, cálcio, magnésio, manganês, ferro). As análises foram realizadas pelo Laboratório de Águas da Epagri Chapecó-SC. A metodologia analítica adotada para análise das amostras é a descrita no *Standard Methods* (APHA, 1998).

Para as análises de Glifosato foi utilizado o equipamento Cromatógrafo Iônico Dionex ICS-3000 com coluna Ion Pac AS19 (2x250mm) com pré-coluna AG19. Todas as amostras para a curva de calibração foram filtradas em membrana 0,45µL (Laboratório do Departamento de Bioquímica – Centro de Ciências Biológicas – UFSC, Dr. Carlos Soares).

Para as análises dos hidrocarbonetos (BTEX) Benzeno, Tolueno, Etil-benzeno e Xilenos realizamos as análises no equipamento (Cromatógrafo Gasoso com massas acoplado) da marca Agilent, modelo CG/MS 5977A Série GC / MSD System através do método HS GC-MS/MS em água (Laboratório de Tecnologia Unochapecó).

Para análise dos dados recorreu-se ao programa QualiGraf, que é uma ferramenta para auxiliar na parte gráfica das análises mais usuais de qualidade de amostras d'água. Foi desenvolvido em 2001 como ferramenta de uso interno no Departamento de Recursos Hídricos da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, do Ceará, (FUNCEME, 2015).

### 3 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

O ano de perfuração desses poços varia de 1978 até 2017; para os 100 poços pesquisados do aquífero Serra Geral, 50 localizam-se em área rural e sua profundidade média é 150,11 metros, a mínima 80 metros e a máxima 320 metros; os 50 poços desse

aquífero situados em área urbana possuem profundidade média de 162,25 metros, a mínima de 83 metros e a máxima 408 metros.

A média de profundidade dos 100 poços do aquífero Serra Geral analisados ficou em 156,47 metros, a mínima é 80 metros e a máxima 408 metros. Observou-se que, com o decorrer das décadas, a profundidade das novas perfurações aumentou.

Os 5 poços analisados do aquífero Guarani possuem profundidade média de 742 metros, sendo o de menor profundidade com 580 metros e o de maior com 850 metros, localizados no território rural.

O Oxigênio Dissolvido baixo para as águas dos dois aquíferos pesquisados (Tabela 1), justifica-se por que as mesmas passaram por processos químicos e físicos de filtração e interação com outras moléculas, onde o  $O_2$  participa de várias reações químicas, e conforme vai se infiltrando para a zona saturada a disponibilidade de OD torna-se mais baixa devido a estes processos.

O. D. SASG	O. D. SAG
Máxima: 8,84	Máxima: 7,06
Mínima: 3,14	Mínima: 2,0
Média: 6,01	Média: 5,37

Tabela 1: Oxigênio Dissolvido para poços SASG/SAG

Fonte: Autores

Para o parâmetro físico turbidez os 3 poços que apresentaram alteração encontram-se na zona rural, observamos que a condutividade elétrica para tais poços estava em 227,0; 353,0 e 186,9 respectivamente demonstrando alta taxa de sólidos totais dissolvidos nas amostras colaborando para a alteração na turbidez.

Na Figura 2 é possível observar dois dos 105 poços analisados em desconformidade com as normas técnicas exigidas em Santa Catarina.



Figura 2: Poços tubulares profundos pesquisados

Conforme sumário estatístico dos 105 poços, sendo 100 do SASG, (Quadro 1) quinze (15) e três (3) amostras apresentaram alterações para pH e turbidez respectivamente. Para as alterações no pH, 10 poços estão no perímetro rural e 5 no perímetro urbano. Para as 8 amostras em que o pH se apresentou ácido (abaixo de 6,0) percebemos que o  $\text{NO}_3^-$  esteve presente com concentrações variadas desde 0,66 a 6,99mg/L com média para tais poços em 4,21 mg/L. Este resultado demonstra que a probabilidade de águas superficiais estarem infiltrando nos poços é alta, pois em águas subterrâneas a concentração natural de  $\text{NO}_3^-$  é baixa, sendo tratado como alteração do equilíbrio natural níveis acima de 5,00mg/L (CETESB, 2012; SANTOS, 1997) além de o pH natural do recurso hídrico subterrâneo do aquífero fraturado ter a tendência a se manter entre 6 a 8 (REGINATO, et al; 2012), desta forma pH abaixo de 6 e concentrações de  $\text{NO}_3^-$  acima de 5,0mg/L demonstram alguma alteração ou perturbação ambiental na área ou proximidades. Nestes casos, é provável que águas superficiais com pH ácido abaixo de 6,0 misturam-se com as águas subterrâneas, conseqüentemente baixando o pH de forma abrupta (CARASEK, 2016). Todos os poços que apresentaram pH abaixo de 6,0 possuem agentes contaminantes e com fontes de  $\text{NO}_3^-$  no entorno: (P8 = fossa negra a 30 metros, aviário a 20 metros; P27 = dentro de área de horta experimental, açude a 7 metros; P37 = lavoura a 50 metros, fossa negra a 15 metros; P39 = dentro de área de plantio; P52 = fossa negra a 10 metros; P57 = dentro de área de posto de combustíveis, fossa negra a 50 metros; P66 = córrego urbano a 20 metros; P81 = lava-carros a 10 metros. Para os 8 poços em questão somente 3 apresentaram coliformes totais, e em concentrações baixas (1,0 e 4,2 NNP/100mL), demonstrando que a ocorrência de infiltração direta de águas superficiais é improvável, sendo mais plausível a ocorrência por saturação do solo nas áreas onde os poços estão inseridos, colaborando diretamente para a alteração do pH.

Para os 7 poços que apresentaram pH alcalino acima de 9,5 buscamos um possível agente ou fatores ambientais que colaborassem diretamente ou indiretamente com tal anormalidade para as águas do SASG, mas somente a condutividade elétrica apresentou-se positivamente relacionada para os resultados demonstrando-se alta (C.E = 147,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 339  $\mu\text{S}/\text{cm}$  com média para os 7 poços de = 202,14  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Investigamos a possibilidade de misturas das águas do SASG com o SAG mas descartamos para tais poços, pois analitos comumente encontrados no SAG não foram observados nas amostras dos 7 poços em questão.

Outros analitos não investigados nesta pesquisa provavelmente estão gerando a alteração do pH. Recursos hídricos do SAG normalmente apresentam pH acima de 8,5 mas podem ser alteradas em função do uso e ocupação do meio físico. A disposição inadequada de resíduos domésticos, industriais, de mineração, a utilização de pesticidas e fertilizantes constituem as principais fontes de poluição ou contaminação dos recursos hídricos e por consequência podem gerar a alteração do pH.

Parâmetro	Unidade	Média	Mínimo	Máximo	*V.M.P.	Nº de Poços acima do V.M.P.
<b>pH</b>		7,40	4,32	9,90	6,0 a 9,50	15
<b>Turbidez</b>	**UT	1,17	0,00	18,00	5,000	3
<b>CE</b>	µS/cm	202,02	44,60	747,00		-
<b>Alcalinidade</b>	Mg/L	80,90	0,00	305,60		-
<b>Cloreto</b>	Mg/L	4,41	0,00	57,23	250	-
<b>Flúor</b>	Mg/L	0,28	0,00	0,98	1,50	-
<b>Sulfato</b>	Mg/L	12,87	0,00	115,24	250	-
<b>Potássio</b>	Mg/L	2,69	0,00	24,40		-
<b>Sódio</b>	Mg/L	32,41	0,00	142,00	200	-
<b>Cálcio</b>	Mg/L	17,70	3,50	60,38		-
<b>Magnésio</b>	Mg/L	2,19	0,005	14,46	***N.P.E	-
<b>Ferro</b>	Mg/L	0,25	0,004	1,92	0,300	20
<b>Manganês</b>	Mg/L	0,11	0,008	0,86	0,01	32
<b>Colif. Totais</b>	NNP/100mL	41,65	0,00	435,20	Ausência	56
<b>C. E. Coli</b>	NNP/100mL	2,68	0,00	155,30	Ausência	11
<b>Nitrato</b>	Mg/L	2,31	0,01	7,72	10,0	-
<b>Benzeno</b>	Mg/L	0,00	0,00	0,00	5	-
<b>Tolueno</b>	Mg/L	0,00	0,00	0,00	0,17	-
<b>Etil-benzeno</b>	Mg/L	0,00	0,00	0,00	0,2	-
<b>Xilenos</b>	Mg/L	0,00	0,00	0,00	0,3	-
<b>Glifosato</b>	µg/L	0,00	0,00	0,00	500	-

- Sem ocorrência de concentração acima do V.M.P. conforme Port. 2914/2011, MS.

\*Valor Máximo Permitido

\*\*Unidade de Turbidez

\*\*\* Não possui regulamentação brasileira específica para concentração de Mg

Quadro 1: Sumário estatístico das análises realizadas das águas subterrâneas para a área de estudo (oeste de SC)

Fonte: Autores

Conforme principais histogramas e médias foi observada a presença de Mg, Fe, Mn e NO<sup>3-</sup> em todas as 100 amostras do SASG. Para os metais a resposta está diretamente associada à Formação Serra Geral, onde são constituintes importantes das rochas vulcânicas. A presença nas águas subterrâneas provém do processo de intemperismo físico e químico do contato da água com a rocha carreando os metais e mineralizando cada vez mais o recurso hídrico chegando ao ponto de equilíbrio natural (CETESB, 2012). Conforme médias para os metais Mg, Fe e Mn observamos uma pequena diferença de concentração entre as zonas rural e urbana, corroborando para os resultados apresentados por Carasek (2016), onde a ocorrência de maior concentração para a zona rural foi atribuída ao fator da exploração das águas subterrâneas nesta área ser em menor escala justamente pelo menor número de poços em funcionamento comparado com a zona urbana. Conforme Bittencourt et al (2003) este fator influencia diretamente no tempo de residência da água subterrânea onde para a zona rural o tempo é maior comparado à zona urbana. Para os metais Mg e Mn a ocorrência nas águas subterrâneas dá-se de forma natural (CETESB, 2012).

Dos poços investigados, 20 (vinte) apresentaram concentrações de Fe acima da regulamentação brasileira conforme Portaria 2914 de 2011 do Ministério da Saúde

(BRASIL, 2011) onde para águas destinadas ao consumo humano recomenda-se concentrações de até 0,3mg/L. As águas subterrâneas provindas do SASG apresentam de forma natural concentrações de Fe (CARASEK, 2016), justamente por ser um dos principais íons que constituem as rochas ígneas (CELLIGOI, 1999). Dos 20 poços que apresentaram alterações 9 estão situados na zona urbana e 11 na zona rural. Buscamos analisar estatisticamente alguma relação entre os parâmetros analisados em laboratório e dados ambientais coletados em campo e concluímos que os poços apresentam Fe de forma natural, mas para 5 poços, observamos problemas estruturais de construção civil que possibilitam entrada de água superficial de forma direta para o interior do poço, sendo assim, como a concentração de Fe no solo da área de estudo possui teor alto, na ocorrência de precipitações pluviométricas de longo tempo ou de forte intensidade o Fe biodisponível no solo é carregado para o interior do poço colaborando para o aumento da concentração do metal; outro fator a ser considerado é a presença de oxigênio disponível das águas superficiais influenciando no processo de intemperismo químico, acelerando os processos de oxidação das rochas ígneas e liberando o Fe para a água: tais processos podem ter influência para os metais Mg e Mn.

Conforme padrão estabelecido pela Portaria 2914 de 2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), as águas analisadas se apresentam com boa qualidade e com referência de potabilidade em sua grande maioria.

Ainda, conforme Quadro 1, sumário estatístico das análises realizadas das águas subterrâneas para a área de estudo (Oeste Catarinense), a presença de coliformes fecais *Escherichia Coli* foi positiva para 11 poços, sendo 8 para zona urbana e 3 para a zona rural. Para coliformes totais, dos 100 poços analisados 47 apresentaram contaminação sendo 27 para a zona urbana e 15 para a zona rural. Tais poços estão em desacordo com referência à qualidade da água para consumo humano, conforme Portaria 2914 de 2011 MS.

Para as zonas urbanas os valores de coliformes fecais *Escherichia coli* variaram de 1,0 a 155,3 nmp/100m/L e para as rurais de 2,0 a 45,5 nmp/100m/L. Para os coliformes totais a variação nas zonas urbanas e rurais foi de 1,00 a 2.419,6 (limite máximo de exatidão conforme método empregado). A concentração da população urbana colabora para a produção de resíduos sólidos domiciliares, o que afeta a qualidade da água (CARASEK, 2011). Para o restante da zona urbana bem como da rural a forma mais comum de descarte de dejetos e esgotos domésticos é através de fossas negras, que por muitas vezes são subdimensionadas acometendo a área em sua volta com contaminantes saturando o solo e por consequência infiltrando para zonas saturadas de água subterrânea, atingindo poços mais vulneráveis conforme nível estático.

Apesar de somente 11 poços terem apresentado *Escherichia coli*, este é um resultado preocupante, pois destes, 7 são comunitários, os outros 4 são particulares, sendo que em todos a principal utilização é para consumo humano, e nenhum deles

possui sistema de tratamento, ou seja, a água é utilizada de forma *in natura*. Para as zonas rurais, somente 3 poços acusaram a presença de *Escherichia Coli*, e alerta-se para o monitoramento constante, pois na grande maioria das propriedades a agropecuária prevalece, com a criação em confinamento de aves, suínos, gado de corte e leite além das áreas de plantio; todas estas práticas geram insumos como dejetos animais, dos quais por muitas vezes não há o descarte ou reutilização de forma consciente/adequada, gerando o risco de contaminação dos solos, rios, lagos e por consequência das águas subterrâneas.

Os microrganismos patogênicos podem sobreviver no solo por períodos de dias, meses e até anos, pois possuem em seu ciclo de vida formas de resistência que os protegem dos efeitos adversos do ambiente, e podem ser carregados juntamente com as águas superficiais até atingirem as zonas saturadas das reservas hídricas subterrâneas.

Outro fato que desperta o grande cuidado com as águas subterrâneas das zonas rurais e a relação com coliformes é o uso indiscriminado de antimicrobianos na produção animal em confinamento, que tem desencadeado o aumento de microrganismos resistentes, os quais podem ser transportados para as águas superficiais e subterrâneas e, por conseguinte utilizadas na lavagem de alimentos (frutos, vegetais, grãos) e sistemas de armazenamento de laticínios que em seguida são revendidos no mercado regional, de forma *in natura*. Em caso de contaminação do recurso hídrico por coliformes ou por esses outros microorganismos, esses podem se tornar potenciais contaminantes em larga escala, isso sem levar em consideração alguns tipos de vírus que não foram abordados nesta pesquisa, havendo indícios de que podem percolar e atingir as águas subterrâneas, explicando os casos de hepatite em pessoas que consomem água de poço na zona rural, (BERTONCINI, 2008).

Amostras de *Escherichia coli* resistentes a antimicrobianos têm sido observadas em águas subterrâneas (Mckeon et al., 1995; Gallert et al., 2005), rios (Webster et al., 2004) e esgoto (Reinthal et al., 2003). Conforme Nanni (2014) a ocorrência de contaminações potenciais do SASG para a área de estudo é alta devido ao perfil econômico e agroindustrial, além do crescimento populacional que acompanha o desenvolvimento econômico da região.

Em nossa pesquisa buscamos analisar as concentrações de  $\text{NO}_3^-$ , com resultado positivo para todos os 100 poços do Aquífero Serra Geral, tendo maior concentração para as zonas urbanas com média de 3,06 mg/L e 1,56 mg/L para as zonas rurais. Nenhuma das amostras extrapolou o limite máximo permitido conforme regulamentação do Ministério Saúde, Portaria 2914 de 2011, onde se estipulam para uso humano concentrações de até 10mg/L. Os poços que apresentaram valores altos, acima de 5,0mg/L, foram 6 para a zona rural e 12 para a zona urbana, e 37 poços apresentaram concentrações acima de 3,0mg/L sendo 28 nas zonas urbanas e 9 nas rurais.

Nas zonas urbanas os resultados de  $\text{NO}_3^-$  demonstram o quão alterado o ambiente se apresenta, fato explicado pelos problemas urbanos como o excesso de fossas

negras e a falta de sistema de captação e tratamento de esgoto, além de problemas de vazamentos e subdimensionamento dos sistemas de tratamento de esgoto residenciais e industriais, onde a liberação de águas com alta carga de nutrientes é despejada em ambientes naturais saturando rios e solos, causando conseqüentemente a contaminação das águas superficiais, pois se infiltrarão no subsolo sem a devida filtragem mecânica e química natural adequada, atingindo as águas subterrâneas. Outro fator refere-se à alta solubilidade do  $\text{NO}_3^-$  e à baixa retenção no solo, colaborando diretamente para o aumento da concentração em águas subterrâneas.

Os poços que apresentaram  $\text{NO}_3^-$  acima de 5,0mg/L no espaço rural têm relação com a pequena distância de criação de animais em confinamento e agentes de risco de contaminação, sendo a maior, de 50 metros. A produção animal em confinamento em nossa região é uma prática setorial econômica, tal segmento gera insumos como dejetos cujo descarte e reutilização são feitas de forma inadequada em grande parte dos casos.

Outro agravante é a falta de zonas ripárias e o uso de fertilizantes nitrogenados nas lavouras, pois, quando aplicado tais insumos no solo, o excesso pode ser lixiviado e conseqüentemente atingir áreas de infiltração e de recarga de aquíferos bem como córregos e rios no entorno; quando não há mata ciliar e cobertura vegetal no entorno de áreas de plantio, isto se torna um agravante para o aumento da concentração de compostos nitrogenados nas águas subterrâneas, devido ao fato de não ocorrer a fixação pelas raízes de plantas, além de facilitar a lixiviação do excesso no solo, infiltrando-se juntamente com a água devido à alta mobilidade principalmente do  $\text{NO}_3^-$  (JU et al., 2006). A saturação do solo por compostos nitrogenados colabora diretamente para o aumento de  $\text{NO}_3^-$  nas águas subterrâneas, pois a filtragem natural ocorre pelo solo e quando saturado o processo de filtração acaba sendo ineficaz (CARASEK, 2016).

Para o herbicida glifosato selecionamos os principais poços vulneráveis de nossa pesquisa para possíveis contaminações (poços localizados em lavouras), sendo selecionados 25 poços da zona rural para as análises, todos do SASG. Apesar do método empregado, através de Cromatografia Líquida de alta eficiência, não quantificamos/detectamos glifosato nas amostras analisadas.

No método empregado em nossa pesquisa, o limite de detecção e quantificação foi para a busca do analito conforme comparação com a Portaria 2914 de 2011 do MS, onde o máximo tolerável é de 500  $\mu\text{g/L}^{-1}$ , mas a ocorrência do glifosato em nossas amostras pesquisadas em concentrações mais baixas que o nosso limite de detecção é possível. Outro fato relevante é o tempo de meia vida em cerca de 50 a 70 dias do agroquímico em água (Sanchís, et al, 2011); desta forma, caso tenha sido aplicado o herbicida em um prazo maior que 50 dias, o risco de não ter sido detectado pela degradação da molécula até o processo de preparação e análise da amostra não deve ser negligenciado.

Selecionamos 25 poços da zona urbana para análises de BTEX (Hidrocarbonetos

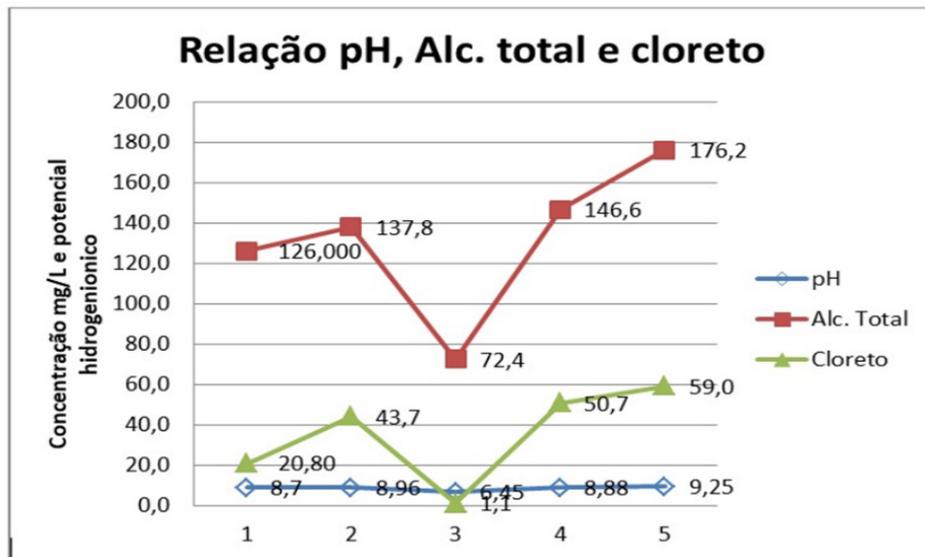
monocromáticos – benzeno, tolueno, etilbenzeno, o-xileno, m-xileno, p-xileno). A escolha dos poços foi direcionada a locais com grande potencial para possível contaminação por derivados de petróleo (BTEXs), ou seja, poços inseridos dentro de áreas onde existem oficinas mecânicas e postos de combustíveis, ou próximos destas áreas.

Para os 25 poços não foram quantificados e ou detectados nenhum tipo de contaminação, visto como positivo, pois nossa curva de calibração foi desenvolvida de forma extremamente acurada e com sensibilidade apurada onde concentrações de até 2 ppb poderiam ser detectadas.

Apesar de os resultados não apresentarem nenhum traço de derivados do petróleo ressaltamos que a vigilância e monitoramento destas áreas é de suma importância para futuros estudos, buscando analisar amostras de solos no entorno, pois vazamentos de pequena proporção normalmente ficam retidos no solo e por consequência liberam vapores que podem se expandir e ser liberados na atmosfera e na ocorrência de precipitações atingir águas superficiais e subterrâneas não especificamente no local do vazamento dos combustíveis.

Em nossa pesquisa incluímos 5 poços do Sistema Aquífero Guarani, reserva hídrica que ainda em nossa região é pouco explorada devido à profundidade e dificuldade de atingir a Formação Botucatu, além de o valor de perfuração ser alto e em muitas vezes economicamente inviável para o setor agropecuário e para o consumo humano. Desta forma, as informações do SAG no Oeste de Santa Catarina ainda precisam ser melhor estudadas e discutidas. Percebe-se a dificuldade de se perfurar poços no SAG no município de Chapecó, pois dos 5 poços conhecidos, somente 1 é de uso coletivo e para consumo humano, e os demais são de uso particular no fomento da área agroindustrial.

Ainda no SAG, para o pH, o mínimo foi de 6,45, máximo de 9,25 e a média geral de 8,45. Para  $\text{Cl}^-$  a concentração nas amostras foi branda com mínimo de 1,1mg/L e máximo de 59,0mg/L e média geral de 35,07mg/L. A alcalinidade total mínima foi de 72,4mg/L e máxima de 176,2mg/L com média geral de 131,8mg/L. Analisamos a concentração de  $\text{SO}_4^{2-}$  nas amostras, que apresentaram as concentrações de <5,00mg/L, máxima de 134,7 e média geral de 113,63mg/L. O  $\text{Na}^+$  foi encontrado nas amostras e apresentou o mínimo de 0,7mg/L e máximo de 176,00 mg/L.



Quadro 2: Relação pH, Alcalinidade Total e cloreto nas águas do SAG.

Fonte: Autores

Os resultados demonstram que a água se refere ao aquífero confinado pois o pH do SAG demonstra um aumento em relação à profundidade do topo do aquífero. Observa-se que conforme o pH aumenta, alcalinidade total e cloretos acompanham de forma exponencial. A presença de  $\text{Cl}^-$  refere-se a minerais como halita ( $\text{NaCl}$ ) e silvita ( $\text{KCl}$ ) que possuem alta solubilidade e podem ser os responsáveis pela liberação deste ânion nas águas profundas do SAG (FREEZE; CHERRY, 1979).

Para o íon  $\text{SO}_4^{-2}$  diversos minerais podem ser responsáveis pela liberação ocorrida por dissolução. Os minerais gipso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) e anidrita ( $\text{CaSO}_4$ ) são os mais comuns dos minerais sulfatados. Entretanto, por ocorrerem geralmente em pequena quantidade no SAG, se torna necessário um maior tempo e profundidade de percolação para que o  $\text{SO}_4^{-2}$  se torne o ânion predominante (HISCOCK; BENSE, 2014; CETESB, 2001; SILVA, 1983).

Com relação ao  $\text{Na}^+$ , a sua presença está relacionada à abundância deste metal alcalino no meio ambiente e sua solubilidade alta em água, desta forma o processo de infiltração das águas desde o solo até a percolação pela formação dos aquíferos enriquece e aumenta a concentração deste sal, além da ampla distribuição nos minerais fontes (CUSTÓDIO, 1976).

Os resultados para coliformes fecais *Escherichia coli* e totais das amostras dos 5 poços do SAG apresentaram valores negativos, assim como outros microorganismos, atendendo assim a Portaria 2914 de 2011 do MS. Esses resultados eram esperados, pois o SAG possui uma barreira física que colabora para a filtragem mecânica e química das águas devido à superposição da formação Serra Geral, além de que para a área de estudo o confinamento das águas do SAG é comprovado.

A importância do estudo do SAIG/SG de forma detalhada na região oeste de Santa Catarina é de caráter política/ambiental, pois atualmente a grande exploração

das águas subterrâneas na região se dá de forma desordenada, onde o SASG é a principal fonte de abastecimento (SCHEIBE; HIRATA, 2008). Sem a compreensão do sistema as águas subterrâneas continuarão sendo exploradas sem a devida atenção e responsabilidade para a proteção de um bem finito e importante para o futuro das gerações.

#### 4 | CONCLUSÕES

Através de indicadores microbiológicos e físico-químicos foi possível verificar que no que se refere ao aquífero SASG, este atende os critérios e as funções do uso social, econômico e ambiental. A água nesse território é vista como recurso e a exploração dos aquíferos é uma fonte mais barata do que a recuperação das águas superficiais.

Outra questão que precisa ser acrescentada aqui é a despreocupação com os poços improdutivos e ou secos e abandonados, encontrados nos trabalhos de campo: são fontes diretas de poluição das águas subterrâneas.

De forma geral a qualidade das águas do SAG para a área de estudo demonstra-se satisfatória para o uso coletivo humano.

Os resultados encontrados neste trabalho apontam para a necessidade de mais estudos no Oeste Catarinense e em todo Estado, que abordem a gestão integrada e compartilhada dos recursos hídricos nas bacias ou regiões hidrográficas estabelecidas nesse território.

Percebeu-se também que não há, por parte dos proprietários dos poços, uma preocupação com a limpeza, proteção e manutenção constante dos mesmos, entendendo que não é necessário. Serviços de limpeza, manutenção e prevenção dos poços poderiam ocorrer, pelo menos, a cada quatro anos, onde é possível observar problemas de oxidação e infiltração: conclui-se que há necessidade de medidas mitigatórias com extrema urgência nesse sentido.

#### REFERÊNCIAS

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. *In*: Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária. São Paulo- SP, junho de 2008.

BITTENCOURT, A.V.L et al. Influência dos Basaltos e de misturas com águas de aquíferos sotopostos nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral na Bacia do Rio Piquiri, Paraná – BR. *Rev. Águas Subterrâneas*, n. 17, p.67-75, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF, 2011.

CARASEK, F. L. Análises físico-química das águas subterrâneas do município de Chapecó-SC. Unochapecó: Junho de 2011.

- CARASEK, Fábio Luiz. Qualidade da água subterrânea do Sistema Aquífero Serra Geral na região Oeste do Estado de Santa Catarina, Brasil. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Unochapecó, 2016.
- CELLIGOI, A. Considerações sobre análises químicas de águas subterrâneas. *Geografia*, Londrina, v. 8, n. 1, p. 91-97, jan/jun. 1999.
- CETESB. (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) (São Paulo). Qualidade das águas subterrâneas 2013-2015 no Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2012. B - - (Série Relatórios / CETESB, ISSN 0103-4103). Disponível [http://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/wp-content/uploads/sites/13/2013/11/Cetesb\\_QualidadeAguasSubterraneas2015\\_Web\\_20-07.pdf](http://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/wp-content/uploads/sites/13/2013/11/Cetesb_QualidadeAguasSubterraneas2015_Web_20-07.pdf) Acesso 12-11-2017
- CETESB. Água subterrânea e poços tubulares. São Paulo: CETESB, 2001. 481 p.
- CPRM, Serviço Geológico do Brasil.
- CUSTÓDIO, E. & Llamas, M. R. Hidrologia Subterrânea. Barcelona, Omega, t.1, 1976.
- FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Governo do Ceará. Software QualiGraf. Fortaleza, CE, 2015. Disponível <http://www3.funceme.br/qualigraf/>. Acesso 20-10-2017.
- GALLERT, C.; FUND, K.; WINTER, J. 2005. Antibiotic resistance of bacteria in raw and biologically treated sewage and in groundwater below leaking sewers. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 69: 106-112.
- HISCOCK, KEVIN M.; BENSE, Victor F. Hydrogeology: Principles and practice. 2. ed. Oxford: Wiley Blackwell, 2014. 545 p.
- JU, X.T. et al. Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: Comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain. *Environmental Pollution*. n. 43, v. 1, p. 117-125, sep. 2006.
- MACHADO, José Luiz Flores. Mapa hidrogeológico do Estado de Santa Catarina – Porto Alegre: CPRM, 2012. 1 CD- ROM. – (Cartas Hidrogeológicas Estaduais). ISBN 978-85-7499-208-2.
- MCKEON, D. M.; CALABRESE, J. P.; BISSONNETTE, G. K. 1995. Antibiotic resistant gram-negative bacteria in rural groundwater supplies. *Water Research*, 29 (8): 1902-1908.
- NANNI, A. S. Tipos de Aquíferos: aquíferos em Santa Catarina. Notas de aula da disciplina de Hidrogeologia. - UFSC: Florianópolis, 2014.
- NICOLAI, G. Avaliação das concentrações de nitratos na água subterrânea do município de Chapecó – SC. 2001. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- NICOLAI, Gilberto. (1998) Determinação físico/químico e bacteriológico da água de poços artesianos no município de Chapecó – SC. Chapecó: UNOESC, 1998. 51p. TCC graduação, Biologia.
- REGINATO, P .A. R.; AHLERT, S.; GILIOLI, K. C.; CEMIN, G. Caracterização hidrogeológica e hidroquímica do aquífero livre do manto de alteração da Formação Serra Geral, na bacia hidrográfica Taquari-Antas, região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 143-162, 2012. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.903>)
- REINTHALER, F. F. et al. 2003. Antibiotic resistance of *Escherichia coli* in sewage and sludge. *Water Research*, 37: 685-1690.

SANTOS, A.C. Noções de Hidroquímica. In: FEITOSA, F.A.C.; MANOEL, J.F. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997. 412 p.

SCHEIBE, L.F.; HIRATA, Ricardo C. A.. Contexto tectônico dos Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina: uma revisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 15., 2008, Natal. Anais.... São Paulo: ABAS, 2008. p. 1 - 14. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23794>. Acesso 25-01-2018.

SILVA, R.B.G. Estudo Hidroquímico e Isotópico das Águas Subterrâneas do Aquífero Botucatu no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. IGC/USP. 1983. 133 p.

WEBSTER, L. F. *et al.* 2004. Identification of sources of *Escherichia coli* in South Carolina estuaries using antibiotic resistance analysis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 298: 179-195.

## **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

