

**HELENTON CARLOS DA SILVA  
(ORGANIZADOR)**

**GESTÃO DE  
RECURSOS HÍDRICOS E  
SUSTENTABILIDADE 3**



**Atena**  
Editora  
Ano 2019

**Helenton Carlos da Silva**

(Organizador)

# **Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade**

**3**

**Atena Editora**

**2019**

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Geraldo Alves  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

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

### **Conselho Editorial**

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

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª 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  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
G393	Gestão de recursos hídricos e sustentabilidade 3 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade; v. 3)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-667-6 DOI 10.22533/at.ed.676192709  1. Desenvolvimento de recursos hídricos. 2. Política ambiental – Brasil. 3. Sustentabilidade. I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série.  CDD 343.81
<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 “*Recursos Hídricos e Sustentabilidade 3*” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 50 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da sustentabilidade e dos recursos hídricos brasileiros.

A busca por fontes alternativas de água têm se tornado uma prática cada vez mais necessária, como uma alternativa socioambiental responsável, no sentido de reduzir a demanda exclusiva sobre os mananciais superficiais e subterrâneos, tendo em vista que o intenso processo de urbanização tem trazido efeitos negativos aos recursos hídricos, em sua dinâmica e qualidade.

As águas subterrâneas representam água doce de fácil acesso, e muitas vezes, as únicas opções para abastecimento de água potável. Em geral, possuem melhor qualidade devido às interações com o solo durante a percolação. Porém, em áreas urbanas, diversas atividades comprometem sua qualidade e demanda, como instalação de fossas negras, esgotos domésticos sem tratamento ou com tratamento inadequado, disposição inadequada de resíduos sólidos, impermeabilização de zonas de recarga, armazenamento de produtos perigosos em tanques subterrâneos ou aéreos sem bacia de contenção, dentre outros.

O estudo das águas subterrâneas, com a globalização, assume uma importância cada vez mais expressiva, visto que é entendido como um instrumento capaz de prover solução para os problemas de suprimento hídrico. Através de determinadas ferramentas é possível sintetizar o espaço geográfico e aprimorar o estudo deste recurso.

Tem-se ainda a infiltração de água no solo, que pode ser definida como o processo com que a água infiltra na superfície para o interior do solo, podendo ser definida como o fenômeno de penetração da água e redistribuição através dos poros ao longo do perfil. A vegetação possui efeito na dinâmica de umidade do solo, tanto diretamente como através da interação com outros fatores do solo.

Dentro deste contexto podemos destacar o alto consumo de água em edificações públicas, em razão da falta de gestão específica sobre o assunto, onde a ausência de monitoramento, de manutenção e de conscientização dos usuários são os principais fatores que contribuem para o excesso de desperdício. Faz-se necessária, então, a investigação do consumo real de água nos prédios públicos, mais precisamente os de atendimento direto aos cidadãos, efetuando-se a comparação do consumo teórico da população atendida (elaborado no projeto da edificação) com o consumo real, considerando o tempo médio de permanência desse público no imóvel, bem como as peculiaridades de cada atendimento, tendo como exemplo o acompanhante da pessoa atendida, bem como casos de perícia médica.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados aos recursos hídricos brasileiros, compreendendo a gestão destes recursos, com base no reaproveitamento e na correta utilização dos mesmos. A importância dos estudos

dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ADEQUAÇÃO DE TELHADOS VERDES EXTENSIVOS PARA A CIDADE DE CARUARU-PE BASEADA NA MÉDIA DE PRECIPITAÇÕES CHUVOSAS	
José Floro de Arruda Neto Armando Dias Duarte Íalysson da Silva Medeiros Gustavo José de Araújo Aguiar Gilson Lima da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
ANÁLISE DE ÁGUA PROVENIENTE DE APARELHO DE AR CONDICIONADO VISANDO O SEU REAPROVEITAMENTO	
Ideana Machado de Carvalho Ideane Machado Teixeira de Sousa André Luiz da Silva Santiago Elisabeth Laura Alves de Lima Valderice Pereira Alves Baydum	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>17</b>
ESTUDO DO REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM HABITAÇÕES UNIFAMILIARES NO ESTADO DO PIAUÍ	
Mariana Fontenele Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>24</b>
PROJETO DE SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA CINZA DE UM PRÉDIO RESIDENCIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS	
Daniel Kiyomasa Nakadomari Deividi Lucas Paviani Osmar Amaro Rosado William Freitas Petrangelo Camila Brandão Nogueira Borges Camila Fernanda de Paula Oliveira Paulo Sergio Germano Carvalho Daniel Lyra Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>34</b>
QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA DESPERDIÇADO NOS BEBEDOUROS DO INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE, CAMPUS ARACAJU	
Rafaella Santos Coutinho Zacarias Caetano Vieira Carina Siqueira de Souza Carlos Gomes da Silva Júnior Daniel Luiz Santos Any Caroliny Dantas Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927095</b>	

<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>39</b>
DEMANDA ESPECÍFICA DE ÁGUA EM PRÉDIOS PÚBLICOS: VERIFICAÇÃO DE SUPERESTIMAÇÃO DE VALORES UTILIZADOS NO MEIO TÉCNICO PARA DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO - ESTUDO DE CASO	
<p>Marcelo Coelho Lanza          Maria da Glória Braz</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927096</b>	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>51</b>
ANÁLISE ENTRE VAZÃO DE PROJETO E VAZÃO DE OPERAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE	
<p>Angelis Carvalho Menezes          Michelli Ferreira de Oliveira          Luciana Coêlho Mendonça</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927097</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>61</b>
ANÁLISE DAS SOBREPRESSÕES E SUBPRESSÕES NA ADUTORA DO POXIM, PROPONDO DISPOSITIVOS ALTERNATIVOS DE MANUTENÇÃO DO GOLPE DE ARIETE	
<p>Abraão Martins do Nascimento          Keila Giordany Sousa Santana          Paulo Eduardo Silva Martins          Nayara Bezerra Carvalho</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927098</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>68</b>
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE CARAÚBAS-RN E ÁGUAS ALTERNATIVAS DE ALMINO AFONSO-RN EM SEUS MÚLTIPLOS USOS	
<p>Clélio Rodrigo Paiva Rafael          Larissa Janyele Cunha Miranda          Rokátia Lorrany Nogueira Marinho          Renata de Oliveira Marinho          Antonio Ferreira Neto          Mônica Monalisa Souza Valdevino          Lígia Raquel Rodrigues Santos</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927099</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>77</b>
ÁREAS PRESERVADAS E QUALIDADE DA ÁGUA: A INFLUÊNCIA DA REMONTA NO RIBEIRÃO DAS ROSAS – JUIZ DE FORA/MG	
<p>Geisa Dias Gaio          Pedro José de Oliveira Machado</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270910</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>89</b>
CONTRIBUIÇÃO DA GEOFÍSICA PARA A HIDROGEOLOGIA DA APA GUARIROBA, MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE-MS	
<p>Giancarlo Lastoria</p>	

Guilherme Henrique Cavazzana  
Andresa Oliva  
Sandra Garcia Gabas  
Chang Hung Kiang

**DOI 10.22533/at.ed.67619270911**

**CAPÍTULO 12 ..... 96**

ESPACIALIZAÇÃO POR INTERPOLADOR KERNEL DA POTENCIALIDADE DE  
ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO LESTE DO ESTADO  
DE SERGIPE

Kisley Santos Oliveira  
Thais Luiza dos Santos  
Paulo Sérgio de Rezende Nascimento

**DOI 10.22533/at.ed.67619270912**

**CAPÍTULO 13 ..... 107**

INUNDAÇÕES E USOS DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SESMARIA,  
RESENDE/RJ

Angel Loo  
Pedro José de Oliveira Machado

**DOI 10.22533/at.ed.67619270913**

**CAPÍTULO 14 ..... 120**

ANÁLISE HIDROMORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA DO RIACHO DO SERTÃO NA  
REGIÃO HIDROGRÁFICA DO RIO TRAIPU – AL

Luana Kívia Lima de Paiva  
Lucas Araújo Rodrigues da Silva  
Thiago Alberto da Silva Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.67619270914**

**CAPÍTULO 15 ..... 127**

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DA REGIÃO  
METROPOLITANA DO CARIRI - CEARÁ

Ana Beatriz Nunes Oliveira  
Diego Arrais Rolim Andrade de Alencar  
Edson Paulino de Alcântara  
Thamires Figueira da Penha Lima Gonçalves  
Sávio de Brito Fontenele

**DOI 10.22533/at.ed.67619270915**

**CAPÍTULO 16 ..... 139**

APLICAÇÃO DA FLUORESCÊNCIA MOLECULAR E REDE NEURAL DE KOHONEN  
PARA IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA DISSOLVIDA  
PRESENTE NOS RIOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS SERGIPE E  
SÃO FRANCISCO

Adnivia Santos Costa Monteiro  
Erik Sartori Jeunon Gontijo  
Igor Santos Silva  
Carlos Alexandre Borges Garcia  
José do Patrocínio Hora Alves

**DOI 10.22533/at.ed.67619270916**

<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>150</b>
MÉTODO GEOELÉTRICO - POTENCIAL INSTRUMENTO PARA AUXÍLIO DA GESTÃO DO SOLO E DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS: ESTUDOS DE CASO, ALAGOINHAS, BAHIA	
Rogério de Jesus Porciúncula Olivar Antônio Lima de Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270917</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>162</b>
QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ESTUDO DE CASO EM ABATEDOURO DE BOVINOS	
Isabel Cristina Lopes Dias Antonio Carlos Leal de Castro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270918</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>173</b>
A OCORRÊNCIA NATURAL DE NÍQUEL E CROMO (III) EM ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS COMPLEXOS ULTRABÁSICOS E ALCALINOS, O EXEMPLO DE JACUPIRANGA	
Augusto Nobre Gonçalves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270919</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>182</b>
OCORRÊNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE MONTES CLAROS - MG: UM ESTUDO DE CASO UTILIZANDO A GEOTECNOLOGIA	
Marcela Almeida Alves Marcos Rodrigues Cordeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270920</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>197</b>
AVALIAÇÃO DO AQUÍFERO LIVRE DA ZONA NORTE DO MUNICÍPIO DE ARACAJU-SERGIPE ATRAVÉS DA DETERMINAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS E BTEX	
Carlos Alexandre Borges Garcia Nathália Krissi Novaes Oliveira Helenice Leite Garcia Ranyere Lucena de Souza Silvânio Silvério Lopes da Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270921</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>207</b>
DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA SEGUNDO PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS DO DISTRITO DE MARACAJÁ EM NOVO REPARTIMENTO-PA	
Agnes da Silva Araújo Lucas Nunes Franco Davi Edson Sales e Souza Raisa Rodrigues Neves Vanessa Conceição dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270922</b>	

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>217</b>
INFLUÊNCIA DE CEMITÉRIO EM PARÂMETROS QUÍMICOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	
Fernando Ernesto Ucker Maria Clara Veloso Soares Rosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270923</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>229</b>
O MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO CONTEXTO DOS PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO: CASO DE ESTUDO EM UM MUNICÍPIO RIBEIRINHO E EM UM MUNICÍPIO DO INTERIOR DO PIAUÍ	
Bruna Peres Battemarco Antonio Krishnamurti Beleño de Oliveira Osvaldo Moura Rezende Ana Caroline Pitzer Jacob Matheus Martins De Sousa Luiza Batista De França Ribeiro Paulo Canedo de Magalhães	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270924</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>243</b>
ANÁLISE QUANTITATIVA DA VEGETAÇÃO CILIAR DO CÓRREGO BOA ESPERANÇA E DO RIO MUQUI DO NORTE - TRECHO URBANO DO MUNICÍPIO DE MUQUI (ES)	
Caio Henrique Ungarato Fiorese Vinícius Rocha Leite Gabriel Adão Zechini da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270925</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>255</b>
AVALIAÇÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS EM UMA BACIA CONTRIBUINTE DO PANTANAL MATO-GROSSENSE	
Valdeci Antônio de Oliveira Daniela Maimoni de Figueiredo Simoni Maria Loverde Oliveira Ibraim Fantin-Cruz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270926</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>275</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>276</b>

## A OCORRÊNCIA NATURAL DE NÍQUEL E CROMO (III) EM ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS COMPLEXOS ULTRABÁSICOS E ALCALINOS, O EXEMPLO DE JACUPIRANGA

**Augusto Nobre Gonçalves**

Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental

Universidade Presbiteriana Mackenzie, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais e Nanotecnologia  
São Paulo – SP

**RESUMO:** O trabalho analisou a ocorrência natural dos metais níquel e cromo trivalente em solo e água subterrânea a partir de contexto geológico favorável à disponibilização desses elementos químicos. Como resultado dos trabalhos foi possível observar que apesar de apresentar condições geológicas propícias, somente os processos pedológico-lateríticos e de lixiviação do solo não são capazes de disponibilizar concentrações de níquel e cromo (III) que apresentem risco à saúde humana em trabalhadores de ambientes comerciais e industriais. A presença de processos complementares de enriquecimento é necessária para que a tendência de ocorrência dos metais possa ser vista como risco.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cromo Trivalente, Níquel, Solo, Água Subterrânea, Lixiviação.

THE NATURAL OCCURRENCE OF NICKEL AND CHROME (III) IN GROUNDWATER IN ULTRABASIC AND ALKALINE COMPLEXES, THE EXAMPLE OF JACUPIRANGA

**ABSTRACT:** The work analyzed the natural occurrence of nickel and trivalent chromium in soil and groundwater from a geological context favorable for the availability of these chemical elements. As a result of the work, it was possible to observe that despite the presence of favorable geological conditions, the soil genesis, laterological processes and leaching alone are not enough for the occurrence of nickel and chromium (III) concentrations that pose any significant risk to human health regarding commercial and industrial workers. Complementary processes of enrichment are necessary for the tendency of those metals to occur to be considered a risk.

### 1 | INTRODUÇÃO

O Complexo Ultrabásico Alcalino de Jacupiranga, localizado no município de Cajati, estado de São Paulo, sudeste brasileiro, é conhecido desde o final do século XIX (Bauer, 1890) e corresponde a um dos mais característicos maciços rochosos ultrabásicos e alcalinos dentre os diversos existentes ao redor da Bacia Sedimentar do Paraná, no Brasil

(Almeida, 1983). Possui forma ovalada, com alongação NW-SE, ocupando uma área de 65 km<sup>2</sup> (Oliveira e Trescases, 1985) e se apresenta encaixado sobre rochas pré-cambrianas da Formação Turvo-Cajati e da Suíte Intrusiva de Itapeúna.

A estrutura do maciço, conforme pode ser observada na Figura 1, apresenta dois corpos intrusivos principais: o dunítico setentrional e o clinopiroxenítico meridional, que intrudiram sequências proterozoicas durante eventos associados à gênese do Arco de Ponta Grossa (Almeida, 1983).

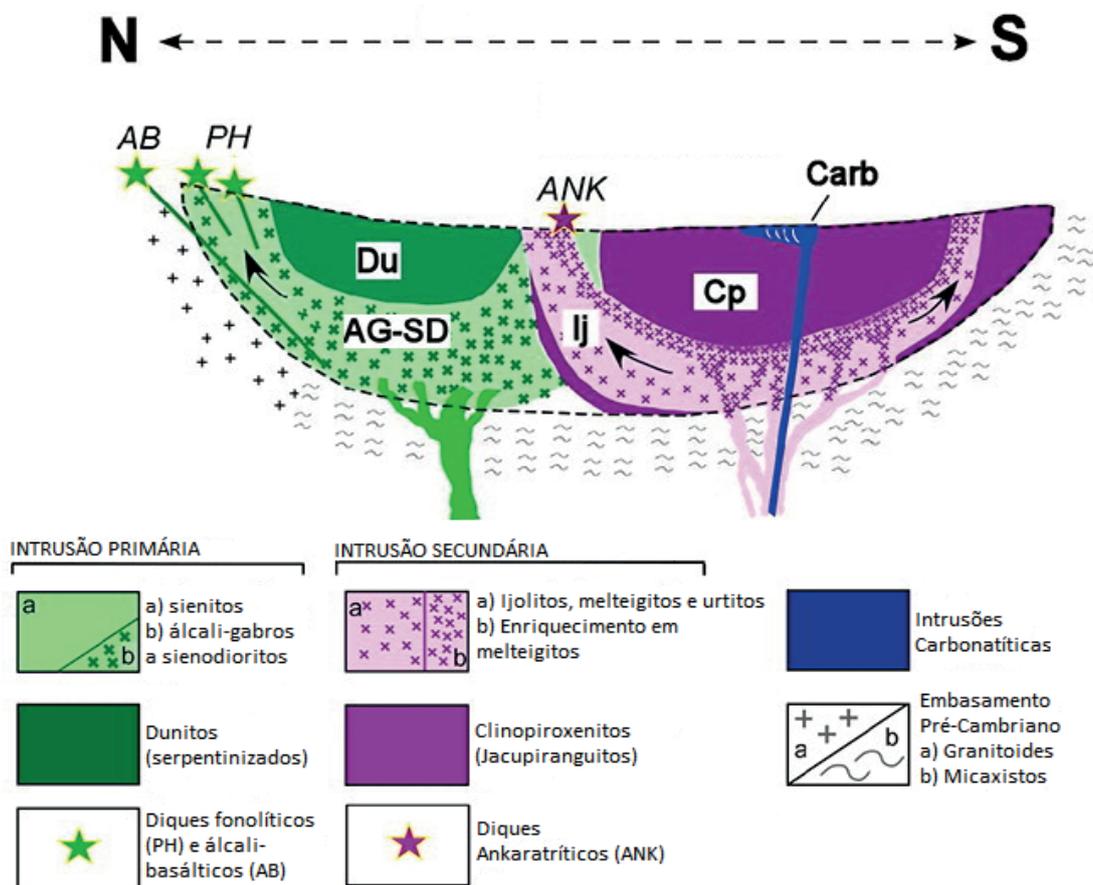


Figura 1 - Contexto geológico das intrusões ígneas. Du – dunitos; Cp – clinopiroxenitos; Carb – carbonatitos; AG-SD – álcali-gabros a sienodioritos; Ij – ijolitos; AB – diques álcali-basálticos; PH – diques fonolíticos; ANK – diques ankaratríticos (modificado de Beccaluva et al., 2017).

O corpo setentrional (Ulbrich e Gomes, 1981), dunítico, corresponde à intrusão de rochas mantélicas fundamentalmente compostas por dunitos, com olivina monzonitos, dioritos e fenitos sieníticos associados. O corpo meridional, piroxenítico, apresenta rochas de transição entre mantélicas e astenosféricas, sendo compostas por carbonatitos, fenitos sieníticos, ijolitos e, predominantemente, clinopiroxenitos, excepcionalidade geológica com ocorrências importantes visualizadas na Lapônia (Konnunaho et al., 2018) e na Península de Kola (Kogarko, 2018).

O Complexo de Jacupiranga possui uma associação incomum de rochas: alcalinas e ultrabásicas, naturalmente enriquecidas em minerais de composição metálica (Oliveira et al., 1988). Devido ao clima quente e úmido, que favorece a ação do intemperismo químico, há o desenvolvimento de camadas de solo laterítico com

teores de metais mais significativos do que as concentrações observadas em seus protólitos (Oliveira e Trescases, 1985).

Este trabalho concentrou-se em adquirir dados geoquímicos da ocorrência de metais nas matrizes ambientais solo (laterítico) e água subterrânea, com o intuito de caracterizar quimicamente a alteração supérgena das rochas piroxeníticas, a lixiviação dos metais e a sua disponibilização natural nas águas subterrâneas associadas a essas litologias. Por outro lado, os trabalhos anteriores a respeito da região de estudo são principalmente voltados à mineralogia e à petrologia, não abordando o risco ambiental que essa região pode implicar para a população local, objetivo deste estudo.

A ocupação antrópica dos terrenos contextualizados hidrogeologicamente no complexo é variada, apresentando caráter comercial, industrial e residencial. Como forma de analisar a possibilidade de a disposição natural de metais configurar risco à ocupação humana, com base no resultado das análises realizadas, foi possível a comparação com os limites ambientais estabelecidos pelos valores orientadores de intervenção estabelecidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2016), a fim de verificar a possível nocividade das matrizes ambientais solo e água subterrânea à população.

Os processos geológicos que promovem a liberação de metais em água subterrânea a partir de minerais intemperizados são complexos e variam conforme a ocorrência geológica e seu sistema hidrogeológico associado (Alloway, 1995; D'Amore et al., 2005).

Por esse motivo, este estudo se concentrou acerca dos metais níquel e cromo (III), dois dos metais de maior ocorrência no complexo, conforme exposto amplamente na literatura (Oliveira e Trescases, 1985; Oliveira et al., 1988; Ruberti et al., 2000; Beccaluva et al., 2017). O teor de metais no solo da região apresentou interesse de exploração mineral no passado (Golightly, 1981; Oliveira e Trescases, 1985), mas o conhecimento acerca da lixiviação e, conseqüentemente, a ocorrência dessa substância em água subterrânea ainda são restritos.

## **2 | PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS**

Foram selecionados 40 pontos para a realização de sondagens para a coleta de solo em regiões mapeadas como piroxenitos. Sempre que possível, quando o solo não se mostrou impenetrável, as amostragens foram realizadas em duas profundidades: aos 0,30 m e aos 0,60 m, utilizando-se como critério de seleção regiões afastadas de atividades potencialmente contaminantes e com boa distribuição espacial dentro do contexto geológico e hidrogeológico de interesse. O nível d'água na região fica em torno de 0,60 m, reforçando a importância dessa profundidade na análise dos materiais geológicos.

A técnica empregada na amostragem de solo foi o *direct push* (ASTM, 2014) com uso de um martetele manual, hastes e amostrador de solo tubular, contendo em seu interior um *liner* de polietileno cilíndrico para a coleta de solo.

Durante o levantamento de campo foram observados 13 poços de monitoramento instalados em solos contextualizados nas litologias de interesse e que permitiram a amostragem de água subterrânea pelo método *Low-Flow Purging and Sampling* (ASTM, 2018).

A amostragem de água subterrânea pela técnica da baixa vazão baseia-se na estabilidade hidráulica, visando minimizar as perturbações causadas nos fluxos e nível d'água em decorrência da retirada de água durante a amostragem. Para isso, a bomba de amostragem é posicionada no ponto médio da coluna d'água de cada poço, adotando-se uma vazão inicial arbitrária, mas suficientemente baixa para não causar rebaixamentos excessivos no nível d'água. A estabilidade hidráulica deve atender aos seguintes padrões:

- Potencial Hidrogeniônico (pH) oscilando entre  $\pm 0,2$ .
- Temperatura oscilando em  $\pm 0,5$  °C.
- Oxigênio Dissolvido (OD) oscilando em  $\pm 0,2$  mg/L.
- Condutividade elétrica oscilando em  $\pm 05$  %.
- Potencial de Redução (Eh) oscilando em  $\pm 05$  %.

Após a estabilização, adotou-se a vazão atingida como máxima, e a partir desse momento, foi coletada a amostra de água subterrânea nos poços de monitoramento identificados.

Um poço tubular profundo foi encontrado e teve uma amostra de água coletada diretamente da torneira na saída da tubulação do poço.

As análises químicas quantitativas para os parâmetros níquel e cromo (III) para as amostras de solo e água subterrânea foram realizadas por espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-AES).

### 3 | CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DO SOLO

Os valores de níquel e cromo (III) obtidos a partir do solo podem ser observados, respectivamente, nas Tabelas 1 e 2. Os valores identificados como n.d. na tabela correspondem a valores não detectados do parâmetro analisado. As amostras com valores n.a. apontados na tabela são associadas a profundidades em que o solo se tornou impenetrável antes que fosse possível alcançar o horizonte de interesse (consequentemente, essas profundidades não foram amostradas).

<b>Amostra</b>	<b>Profundidade (m)</b>	<b>Concentração (mg/Kg)</b>	<b>Profundidade (m)</b>	<b>Concentração (mg/Kg)</b>
S-1	0,30	54,00	0,60	100,00
S-2	0,30	40,00	0,60	70,00
S-3	0,30	31,00	0,60	53,00
S-4	0,30	41,00	0,60	59,00
S-5	0,30	69,00	0,60	117,00
S-6	0,30	13,00	0,60	43,00
S-7	0,30	24,00	0,60	70,00
S-8	0,30	n.d.	0,60	n.d.
S-9	0,30	14,00	0,60	11,00
S-10	0,30	3,10	0,60	0,00
S-11	0,30	30,00	0,60	n.a.
S-12	0,30	142,00	0,60	95,00
S-13	0,30	58,00	0,60	65,00
S-14	0,30	39,00	0,60	82,00
S-15	0,30	16,00	0,60	24,00
S-16	0,30	31,00	0,60	6,60
S-17	0,30	3,90	0,60	3,50
S-18	0,30	0,00	0,60	5,00
S-19	0,30	23,00	0,60	23,00
S-20	0,30	0,00	0,60	0,00
S-21	0,30	11,00	0,60	11,00
S-22	0,30	15,00	0,60	7,90
S-23	0,30	8,30	0,60	0,00
S-24	0,30	0,00	0,60	103,00
S-25	0,30	0,00	0,60	25,00
S-26	0,30	89,00	0,60	0,00
S-27	0,30	4,10	0,60	5,70
S-28	0,30	68,00	0,60	102,00
S-29	0,30	5,50	0,60	n.a.
S-30	0,30	22,00	0,60	n.a.
S-31	0,30	36,00	0,60	33,00
S-32	0,30	9,50	0,60	4,80
S-33	0,30	4,50	0,60	3,10
S-34	0,30	0,00	0,60	0,00
S-35	0,30	52,00	0,60	46,00
S-36	0,30	47,00	0,60	n.a.
S-37	0,30	30,00	0,60	32,00
S-38	0,30	19,00	0,60	15,00
S-39	0,30	11,00	0,60	5,70
S-40	0,30	4,60	0,60	3,80
<b>Média</b>	0,30	27,40	0,60	35,00

Tabela 1. Concentração de níquel em solo.

Amostra	Profundidade (m)	Concentração (mg/Kg)	Profundidade (m)	Concentração (mg/Kg)
S-1	0,30	64,00	0,60	86,00
S-2	0,30	71,00	0,60	35,00
S-3	0,30	41,00	0,60	77,00
S-4	0,30	57,00	0,60	52,00
S-5	0,30	331,00	0,60	351,00
S-6	0,30	19,00	0,60	46,00
S-7	0,30	47,00	0,60	47,00
S-8	0,30	1,50	0,60	1,50
S-9	0,30	19,00	0,60	73,00
S-10	0,30	2,50	0,60	1,80
S-11	0,30	16,00	0,60	n.a.
S-12	0,30	284,00	0,60	302,00
S-13	0,30	185,00	0,60	220,00
S-14	0,30	53,00	0,60	57,00
S-15	0,30	21,00	0,60	54,00
S-16	0,30	181,00	0,60	13,00
S-17	0,30	5,80	0,60	15,00
S-18	0,30	1,70	0,60	4,20
S-19	0,30	14,00	0,60	15,00
S-20	0,30	1,90	0,60	1,30
S-21	0,30	122,00	0,60	22,00
S-22	0,30	17,00	0,60	5,20
S-23	0,30	22,00	0,60	4,90
S-24	0,30	1,80	0,60	94,00
S-25	0,30	1,40	0,60	30,00
S-26	0,30	126,00	0,60	1,00
S-27	0,30	3,30	0,60	5,10
S-28	0,30	71,00	0,60	197,00
S-29	0,30	44,00	0,60	n.a.
S-30	0,30	113,00	0,60	n.a.
S-31	0,30	33,00	0,60	10,00
S-32	0,30	8,00	0,60	9,90
S-33	0,30	8,60	0,60	7,90
S-34	0,30	2,80	0,60	2,30
S-35	0,30	124,00	0,60	21,00
S-36	0,30	25,00	0,60	n.a.
S-37	0,30	21,00	0,60	17,00
S-38	0,30	28,00	0,60	16,00
S-39	0,30	17,00	0,60	17,00
S-40	0,30	2,30	0,60	n.d.
Média	0,30	55,19	0,60	54,63

Tabela 2. Concentração de cromo (III) em solo.

#### 4 | CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

O poço tubular profundo possui aproximadamente 50 m de profundidade e sua

seção filtrante se encontra em rocha inalterada, associada ao aquífero cristalino fraturado.

A água subterrânea coletada junto ao poço tubular profundo não apresentou concentrações identificáveis de cromo III, mas foi identificado teor de 2,6 µg/L de níquel, cujo pH aferido foi 6,65.

As concentrações de níquel e cromo (III) encontradas nos 13 poços de monitoramento podem ser observadas na Tabela 3.

	PM 1	PM 2	PM 3	PM 4	PM 5	PM 6	PM 7	PM 8	PM 9	PM 10	PM 11	PM 12	PM 13	Média
CROMO (III)	0,00	27,00	21,00	0,00	0,00	72,00	60,00	334,00	43,90	0,00	0,00	58,00	9,70	48,12
NÍQUEL	2,20	10,00	8,50	43,00	5,70	38,00	13,50	138,00	5,70	2,10	5,60	43,90	4,40	24,66
pH	5,62	7,54	5,57	7,82	6,70	9,88	5,17	7,50	6,98	5,70	7,19	6,57	7,03	6,87

Tabela 3. Concentração de cromo e níquel em água subterrânea.

## 5 | DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

O trabalho de Oliveira et al. (1988) mostra que as rochas piroxeníticas do Complexo Alcalino de Jacupiranga apresentam teor médio de níquel de aproximadamente 0,3% em massa da rocha, mas que em solos lateríticos é possível observar um aumento dessa concentração para 1,5%.

Foi possível observar a concentração média de níquel em 27,40mg/kg (0,0027%) aos 0,30m de profundidade e de 35,00mg/kg (0,0035%) aos 0,60m de profundidade para as amostras de solo analisadas. A concentração média em água subterrânea observada foi da ordem de 24,66µg/L (0,0024%).

Ruberti et al. (2000) demonstram que a ocorrência de cromo trivalente nas rochas do complexo possui teor médio de 0,3% em massa. No entanto, o enriquecimento supérgeno na concentração do metal faz com que a sua acumulação no solo laterítico seja da ordem de 3,0%.

As concentrações médias em massa de cromo identificadas em solo foram da ordem de 55,19mg/kg (0,0055%) aos 0,30m e 54,63 mg/kg (0,0054%) aos 0,60m, que refletiram em incorporação na água subterrânea do aquífero superficial com teor médio de 24,66µg/L (0,0024%).

Quando comparados aos valores orientadores da CETESB (2016) para o estado de São Paulo, para a matriz água subterrânea, tanto o parâmetro níquel, quanto o parâmetro cromo (III), situaram-se abaixo dos limites de intervenção de, respectivamente, 70 e 50 µg/L (0,0070 e 0,0050%) para um cenário de exposição de trabalhadores industriais às matrizes ambientais (pois a principal ocupação humana em contato com a água subterrânea do complexo alcalino permanece sendo industrial, com empresas de extrativismo e transformação mineral).

De forma análoga, para o solo, o valor orientador de intervenção para o mesmo cenário de trabalhadores industriais é de 400 mg/kg para cromo e de 3.800 mg/kg para níquel (respectivamente 0,040 e 0,380%).

Desta forma foi possível observar que, apesar da ocorrência natural desses metais neste contexto geológico e hidrogeológico, os metais níquel e cromo trivalente, mesmo após se enriquecerem durante o intemperismo das rochas, ao serem disponibilizados em água subterrânea não chegam a apresentar risco à saúde para o principal cenário de ocupação humana na região sem que exista qualquer fator de enriquecimento complementar dessas fontes.

## 6 | AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais e Nanotecnologia da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

## REFERÊNCIAS

- ALLOWAY, B. J. **Heavy Metals in Soils**. 2. ed. Londres: Blackie Academic and Professional, 1995.
- ALMEIDA, F. F. M. Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozoicas da região meridional da Plataforma Sul-Americana. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 139-158, 1983.
- ASTM. **Standard Guide for Direct Push Soil Sampling for Environmental Site Characterizations - D6282 / D6282M-14**. ASTM International, West Conshohocken, 2014.
- ASTM. **Standard Practice for Low-Flow Purging and Sampling for Wells and Devices Used for Ground-Water Quality Investigations - D6771-18**. ASTM International, West Conshohocken, 2018.
- BAUER, H. C. As minas de Iporanga. **Revista Engenharia**, São Paulo, n. 232, p. 85-87. 1890.
- BECCALUVA, L.; BIANCHINI, G.; Natali, C.; SIENA, F. The alkaline-carbonatite complex of Jacupiranga (Brazil): Magma genesis and mode of emplacement. **Gondwana Research**, São Paulo, v. 44, p. 157-177, 2017.
- CETESB, **Decisão de Diretoria** nº 256/2016/E de 22 de **Novembro de 2016**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo, p. 1-6, 2016.
- GOLIGHTLY, J. P. Nickeliferous Laterite Deposits. **Economic Geology**, v. 75, p. 710-735, 1981.
- KONNUNAHO, J.; HANSKI, E.; KARINEN, T.; LAHAYE, Y.; MAKKONEN, H. The petrology and genesis of the Paleoproterozoic mafic intrusion-hosted Co-Cu-Ni deposit at Hietakero, NW Finnish Lapland. **Bulletin of the Geological Society of Finland**, v. 90, 2018.
- KOGARKO, L. Chemical Composition and Petrogenetic Implications of Apatite in the Khibiny Apatite-Nepheline Deposits (Kola Peninsula). **Minerals**, v. 8, n. 11, 2018.

OLIVEIRA, S. M. B.; MELFI, A. J.; CARVALHO, A.; FRIERICH, G.; MARKER, A.; KANIG, M. Lateritic Evolution of the Jacupiranga Alkaline Complex, SP. **Geochimica Brasiliensis**, v. 2, n. 2, p. 119-126, 1988.

OLIVEIRA, S. M. B.; TRESCASES, J. J. O depósito de níquel de Jacupiranga: mineralogia e geoquímica. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 249-254, 1985.

RUBERTI, E.; GOMES, C. B.; MELCHER, G. C.; ULBRICH, H. H. G. J.; ULBRICH, M. N. C. The Jacupiranga Carbonatite Complex (Part I), Eastern Brazil. **31º International Geological Congress Post-Congress Field Trip**, p. 1-44, 2000.

ULBRICH, H. H. G. J.; GOMES, C. B. Alkaline rocks from continental Brazil. **Earth Sciences Review**, v. 17, p. 135-154, 1981.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Helenton Carlos da Silva** - Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2007), especialização em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2010) é MBA em Engenharia Urbana pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2014), é Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Estadual de Ponta Grossa (2016), doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa e pós-graduando em Engenharia e Segurança do Trabalho. A linha de pesquisa traçada na formação refere-se à área ambiental, com foco em desenvolvimento sem deixar de lado a preocupação com o meio ambiente, buscando a inovação em todos os seus projetos. Atualmente é Engenheiro Civil autônomo e professor universitário. Atuou como coordenador de curso de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em projetos e acompanhamento de obras, planejamento urbano e fiscalização de obras, gestão de contratos e convênios, e como professor na graduação atua nas seguintes áreas: Instalações Elétricas, Instalações Prediais, Construção Civil, Energia, Sustentabilidade na Construção Civil, Planejamento Urbano, Desenho Técnico, Construções Rurais, Mecânica dos Solos, Gestão Ambiental e Ergonomia e Segurança do Trabalho. Como professor de pós-graduação atua na área de gerência de riscos e gerência de projetos.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abastecimento de água 10, 25, 43, 61, 76, 164, 183, 184, 191, 195, 197, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 215, 216

Abatedouro 162, 163, 164, 166, 168, 170

Água 1, 3, 6, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 61, 62, 63, 64, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 104, 106, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 121, 126, 127, 128, 132, 133, 136, 139, 141, 142, 146, 151, 152, 155, 156, 157, 159, 160, 162, 163, 164, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 176, 178, 179, 180, 183, 184, 185, 186, 187, 189, 191, 192, 194, 195, 197, 198, 199, 200, 201, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 238, 239, 241, 245, 248, 250, 252, 253, 255, 256, 257, 258, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274

Água de reuso 22, 24

Águas cinzas 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 50

Águas subterrâneas 96, 98, 100, 103, 104, 105, 106, 150, 151, 160, 161, 162, 166, 167, 168, 169, 171, 175, 182, 183, 184, 186, 187, 189, 195, 196, 197, 198, 202, 205, 206, 213, 218, 226, 227

Água subterrânea 92, 95, 96, 97, 98, 101, 102, 104, 152, 156, 157, 160, 162, 163, 166, 168, 171, 172, 173, 175, 176, 178, 179, 180, 183, 194, 195, 197, 198, 200, 201, 204, 214, 217, 218, 219, 221, 222, 226, 227

Alunos 34, 35, 38, 55, 56

Aquífero misto 96, 97, 100, 103, 104, 105

### B

Bacia do salgado 127, 137

Bacia hidrográfica 77, 78, 79, 81, 83, 88, 89, 90, 92, 93, 95, 101, 102, 107, 108, 120, 121, 122, 126, 128, 131, 132, 137, 138, 184, 190, 205, 253, 254, 257, 258, 259, 260, 261, 267, 268, 271, 272, 273, 274

Bacia sedimentar do Araripe 127

Biorreatores com membrana submersa 24

### C

Conscientização 31, 39, 43, 47, 48

Contaminação 20, 72, 86, 150, 151, 154, 157, 158, 160, 161, 168, 170, 171, 183, 197, 198, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 213, 217, 218, 219, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 238, 239, 256, 262, 270, 274

Critérios de potabilidade 197, 215

Cromo trivalente 173, 179, 180

### D

Demanda de água 39, 49, 184, 211

Descontinuidade urbana 77, 79, 88

Desempenho 8, 47, 61

Desperdício 15, 18, 22, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 43, 48

Diagnóstico 82, 88, 118, 205, 207, 209, 214, 215, 216, 227, 229, 230, 231, 233, 234, 241, 253, 254

## **E**

Eletrorresistividade 89, 93, 154, 228

## **G**

Geoprocessamento 98, 100, 105, 120, 125, 126, 182, 184, 186, 187, 196, 243, 245

Gestão sustentável 39, 47, 48, 233

## **H**

Hidráulica 50, 59, 61, 67, 91, 104, 176, 189, 220, 232, 233, 234, 235, 236

Hidrogeologia 89, 90, 97, 182, 196, 205, 206

Hidrologia 2, 23, 88, 90, 119, 120, 126, 138, 141

## **I**

Inundações 3, 107, 108, 109, 110, 117, 118, 119, 128, 134, 231, 232, 234, 235, 236, 238, 241

## **L**

Lineações 96, 97, 101, 102, 103, 104, 105

Lixiviação 140, 144, 173, 175, 200, 219, 268

## **M**

MBR 24, 25, 28, 30, 31, 32

Medição de vazão 51, 53, 55, 59

Monitoramento 5, 39, 51, 53, 56, 83, 84, 121, 122, 160, 164, 166, 167, 169, 170, 171, 176, 179, 183, 199, 205, 217, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 239, 261, 262, 273, 274

## **N**

Necrochorume 157, 217, 218, 219, 221, 225, 226, 227, 228

Neotectônica 96, 97, 98, 100, 101, 103, 105

Níquel 173, 175, 176, 177, 179, 180, 181

## **P**

Precipitações médias 2, 6

## **Q**

Qualidade da água 15, 16, 20, 32, 69, 70, 75, 76, 77, 82, 160, 162, 163, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 205, 206, 207, 208, 209, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 224, 255, 257, 258, 262, 265, 266, 267, 268, 270, 271, 272, 273, 274

Qualidade da água subterrânea 166, 172, 217, 218

## R

Residências unifamiliares 17, 18, 19, 21, 22

Reuso 9, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 50

Reuso de águas cinzas 17, 18, 19, 21, 22, 23, 50

Reutilização 19, 34, 42

## S

SIG 98, 120, 121, 130, 137, 259, 260

Sistema aquífero bauru 89, 90

Sistema de informação geográfica 98, 127, 130

Solo 3, 52, 69, 71, 75, 83, 85, 99, 110, 113, 114, 115, 116, 117, 121, 125, 127, 128, 132, 133, 135, 136, 137, 141, 150, 151, 152, 156, 157, 158, 160, 168, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 197, 198, 201, 204, 205, 217, 218, 219, 222, 223, 224, 227, 231, 232, 233, 236, 237, 238, 241, 248, 252, 255, 257, 258, 260, 262, 263, 267, 268, 270, 271, 273

## T

Telhados verdes 1, 2, 3, 6, 7, 8

Tratamento de efluentes 51, 52, 53, 54, 59

Tubulações 61, 62, 64, 66, 73, 201, 210

## U

Urbanização 2, 52, 77, 78, 87, 88, 107, 233, 234, 235, 236, 256, 271

Uso da terra 107, 110, 118, 119, 196, 261, 273

Uso racional 9, 10, 11, 16, 17, 26, 34, 40, 43, 50, 183

Usos múltiplos 18, 162, 257, 270, 271

Usuários 20, 35, 39, 41, 47, 48, 49, 70, 89, 92, 162, 207, 208, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 257

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-667-6

