

# Engenharia Hidráulica e Sanitária



Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

# Engenharia Hidráulica e Sanitária



Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

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



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
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. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobom – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
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. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
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. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
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. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª 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 Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	Engenharia hidráulica e sanitária [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-895-3 DOI 10.22533/at.ed.953192312  1. Engenharia. 2. Engenharia sanitária I. Silva, Helenton Carlos da.  CDD 628.362
<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 “*Engenharia Hidráulica e Sanitária*” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 18 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da engenharia sanitária e hidráulica brasileira, destacando-se a área ambiental.

Neste contexto, o diagnóstico ambiental pode ser uma importante ferramenta no controle e preservação do meio ambiente, sendo uma caracterização da qualidade ambiental da área estudada, fornecendo informações para identificar e avaliar impactos nos meios físico, biológico e socioeconômico.

É importante que, para que sejam sustentáveis, as áreas urbanas necessitem manter um equilíbrio entre as atividades econômicas, crescimento populacional, infraestrutura e serviços, poluição, desperdício, barulho, entre outros; de modo que o sistema urbano e suas dinâmicas se desenvolvam em harmonia, limitando internamente, tanto quanto possível, os impactos negativos sobre o ambiente natural.

Nesta linha, o saneamento básico pode ser compreendido como um componente necessário para promoção da saúde, principalmente para as populações em condição de vulnerabilidade social, tal qual em bairros populares e periféricos do meio urbano ou comunidades tradicionais do campo brasileiro.

Em razão do crescimento de áreas urbanas, houve um aumento excessivo na geração de resíduos, gerando uma série de problemas de ordem ambiental, econômica e social.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados à engenharia hidráulica e sanitária brasileira, compreendendo as questões acerca do meio ambiente, como a gestão dos resíduos sólidos gerados, formas de tratamento da água, bem como a análise de políticas de desenvolvimento visando à preocupação com as questões ambientais. 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>
MEDIDA PROVISÓRIA NO 868/2018: TENTATIVA DE DESCONSTRUÇÃO DA POLÍTICA PÚBLICA DE SANEAMENTO BÁSICO VIGENTE NO BRASIL	
Luiz Roberto Santos Moraes Patrícia Campos Borja	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9531923121</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
TECNOLOGIA APROPRIADA SOB A ÓTICA DA LEI 11.445/2007. UMA APLICAÇÃO NA COMUNIDADE RURAL SERRA DO BRAGA I – PB	
Elissandra Cheu Pereira do Nascimento Katharine Taveira de Brito Medeiros Bruno de Medeiros Souza Aluisio José Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9531923122</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>27</b>
POLÍTICA TARIFÁRIA E DESEMPENHO ECONÔMICO DAS EMPRESAS DE SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL: ESTIMATIVAS DOS IMPACTOS REGULATÓRIOS – 1995-2016	
Cristiano Ponzoni Ghinis Adelar Fochezatto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9531923123</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>41</b>
IMPORTÂNCIA DA COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE OS TIPOS DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇO PÚBLICO DE SANEAMENTO RURAL, A MATRIZ TECNOLÓGICA E O MODO DE VIDA CAMPONÊS	
Tássio Gabriel Ribeiro Lopes Luiz Roberto Santos Moraes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9531923124</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>57</b>
CONTRIBUIÇÕES PARA DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MANHUAÇU	
Gabriel Figueiredo Pantuzza Silva Juliana Leal Henriques Hubert Mathias Peter Roeser	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9531923125</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>69</b>
DEMONSTRAÇÃO DO PROCESSO DE CÁLCULO DE VAZÃO DE ÁGUA E DIMENSIONAMENTO DE BOMBA CENTRÍFUGA PARA OPERAÇÃO DE TORRES DE RESFRIAMENTO	
Wictor Gomes de Oliveira Lucas Rodrigues Oliveira Marcos Cláudio Gondim Lucas de Sousa Camelo Daniel Gerard Araújo Pinheiro Ferdinando Cícero Pontes de Queiroz João Paulo Correia Teixeira Stepherson Lopes Alcântara	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9531923126</b>	

<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>79</b>
DIAGNÓSTICO DA BALNEABILIDADE NAS PRAIAS DE ALAGOAS ENTRE O ANO DE 2015 E 2018	
Thomás Correia Lins	
Camila Acioli Marinho	
Joabe Gomes de Melo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9531923127</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>93</b>
POTABILIDADE DA ÁGUA: A PERCEPÇÃO DO MORADOR EM VITÓRIA	
Cibele Esmeralda Biondi Ferreira	
Fátima Maria Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9531923128</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>105</b>
PROPOSTA DE GESTÃO DE RISCO APLICÁVEL ÀS ETAPAS DE COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA CONVENCIONAL – INSTRUMENTO DE IDENTIFICAÇÃO, AVALIAÇÃO E RESPOSTAS AOS RISCOS	
Neusa Isabel Gomes dos Santos	
Arlindo Soares Räder	
Efraim Martins Araújo	
Elisabeth Ibi Frimm Krieger	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9531923129</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>119</b>
OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO DE ÁGUA BRUTA COM BAIXA TURBIDEZ UTILIZANDO TANINO E PAC	
Neusa Isabel Gomes dos Santos	
Arlindo Soares Räder	
<b>DOI 10.22533/at.ed.95319231210</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>131</b>
PERMEABILIDADE AO AR E A ÁGUA DE MISTURAS DE SOLO E COMPOSTO ORGÂNICO PARA CAMADAS DE COBERTURA OXIDATIVAS	
Alice Jadneiza Guilherme de Albuquerque Almeida	
Bruna Silveira Lira	
Guilherme José Correia Gomes	
Antônio Italcly de Oliveira Júnior	
Camila de Melo Tavares	
Maria Odete Holanda Mariano	
José Fernando Thomé Jucá	
<b>DOI 10.22533/at.ed.95319231211</b>	
<b>CAPÍTULO 12 .....</b>	<b>139</b>
REMOÇÃO E CORRELAÇÃO DE MICROALGAS E SÓLIDOS EM SUSPENSOS DE EFLUENTES DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO UTILIZANDO BIOFILTRO	
Moisés Andrade de Farias Queiroz	
Jonatan Onis Pessoa	
Alex Pinheiro Feitosa	
Eduardo Cristiano Vieira Gurgel	
Layane Priscila de Azevedo Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.95319231212</b>	

<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>147</b>
MONITORAMENTO DO DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE <i>RHIZOPHORA MANGLE</i> L. EM VIVEIRO DE CRIAÇÃO NA LAGOA RODRIGO DE FREITAS, RIO DE JANEIRO – RJ	
Carlos Augusto Kinder Marcia Sena da Silva Anderson de Carvalho Borges Ricardo Finotti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.95319231213</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>160</b>
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE UMA INDÚSTRIA GRÁFICA COM ENFOQUE EM PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L): ESTUDO DE CASO NO ESPIRITO SANTO	
Paulo Vitor Reis Kaminice Gilson Silva Filho Rosane Hein de Campos Edison Thaddeu Pacheco	
<b>DOI 10.22533/at.ed.95319231214</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>170</b>
PLAN INTEGRAL DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA PROYECCIÓN A LO APLICABLE	
Jessica Cecilia Chocho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.95319231215</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>177</b>
POSSIBILIDADES NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM CONDOMÍNIO VERTICAL	
Manoel Thiago Nogueira da Silva Dantas Monica Maria Pereira da Silva Valderi Duarte Leite	
<b>DOI 10.22533/at.ed.95319231216</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>190</b>
COMPORTAMENTO DE EMPREENDEDORES DA FEIRA DOS GOIANOS QUANTO AO DESCARTE DE EQUIPAMENTOS DE INFORMÁTICA	
Graziela Ferreira Guarda Luiz Fernando Whitaker Kitajima Beatriz Rodrigues de Barcelos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.95319231217</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>200</b>
MULTI-CRITERIA DECISION ANALYSIS (MCDA) FOR DAM'S RISK CLASSIFICATION	
Julierme Siriano da Silva Fernan Enrique Vergara Figueroa Rui da Silva Andrade Roberta Mara de Oliveira Bárbara Suelma Souza Costa Fabiano Fagundes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.95319231218</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>217</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>218</b>

## CONTRIBUIÇÕES PARA DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MANHUAÇU

**Gabriel Figueiredo Pantuzza Silva**

Instituto Politécnico de Bragança – Bragança – Portugal

**Juliana Leal Henriques**

Instituto Politécnico de Bragança – Bragança – Portugal

**Hubert Mathias Peter Roeser**

Universidade Federal de Ouro Preto – Ouro Preto – Minas Gerais – Brasil

**RESUMO:** O diagnóstico ambiental é uma importante ferramenta no controle e preservação do meio ambiente, sendo uma caracterização da qualidade ambiental da área estudada, fornecendo informações para identificar e avaliar impactos nos meios físico, biológico e socioeconômico. A bacia hidrográfica do rio Manhuaçu está localizada nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, contendo 9.186,06 km<sup>2</sup> de área de drenagem. O presente trabalho teve como objetivo contribuir para um diagnóstico ambiental da bacia do rio Manhuaçu, a partir da caracterização de parâmetros físicos e químicos e da determinação da presença e concentração de diversos elementos metálicos nas águas e sedimentos. O monitoramento hídrico e geoquímico foi realizado em 2016 em duas campanhas realizadas em períodos seco e chuvoso. Foram selecionados 30 pontos ao longo do rio Manhuaçu e seus principais

afluentes incluindo sua foz no rio Doce, onde foram coletadas amostras de água e sedimento. Avaliou-se que a água e sedimentos desta bacia estão impactados principalmente por poluição urbana e de atividades de plantio ou cultivos familiares de pequeno porte. Os parâmetros físico-químicos encontraram-se dentro dos limites estipulados pelo CONAMA. O potencial de oxi-redução e nitrato diminuíram no período chuvoso em todos os pontos, de acordo com o esperado com o aumento da vazão. Os metais foram encontrados em concentrações baixas que não apresentam riscos à saúde e não demonstraram impacto ambiental antrópico. Foi possível também avaliar o impacto pontual do desastre da barragem de rejeito de minério da Samarco mineração S.A. em 2015 que ocorreu a montante do ponto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Diagnóstico ambiental; Bacia hidrográfica; Rio Manhuaçu; Rio Doce.

**ABSTRACT:** The environmental diagnosis is an important tool in the control and preservation of the environment, as it is a characterization of the environmental quality of the studied area and provide enough knowledge to support the evaluation of physical, biological and socioeconomic impacts. The Manhuaçu river basin is located in the states of Minas Gerais and Espírito Santo, Brazil, containing 9,186.06 km<sup>2</sup> of drainage area. The purpose of this work

was to contribute to the environmental diagnosis of the Manhuaçu River Basin, based on the characterization of physical and chemical parameters and the determination of the presence and concentration of metallic elements in waters and sediments. The water and geochemical monitoring were done in 2016 in two campaigns carried out during the dry and rainy season. Thirty points were selected along the Manhuaçu River and its main tributaries, including its mouth in the Doce River, and water and sediments were collected. According to the results, the water and sediments are impacted mainly by urban pollution and small-scale family planting activities. The physical-chemical parameters were within the limits stipulated by CONAMA. The oxy-reduction potential and nitrate decreased in the rainy season at all points, as expected due to the increasing flow. The metals in water and sediments were found in low concentrations that do not present any health risks and did not show any anthropic environmental impact. It was also possible to assess the specific impact of the mining Samarco S.A. dam disaster in 2015 that occurred upstream of the point.

**KEYWORDS:** Environmental diagnosis; Hydrografic basin; Manhuaçu river; Doce river.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é um país ímpar no que diz respeito à quantidade de água, possuindo a maior reserva de água doce disponível do planeta, chegando a 14% do total mundial. Este recurso se encontra distribuído em bacias hidrográficas pelo país, entre elas a maior do mundo, a bacia amazônica. Ainda, parte destas águas se encontra distribuída em lençóis freáticos subterrâneos (ANA, 2015).

Os problemas hídricos e ambientais mais presentes na bacia do rio Manhuaçu são a falta de tratamento de esgoto, que capta cerca de 79,2% do esgoto produzido na bacia, porém somente 1% é adequadamente tratado antes de retornar aos cursos d'água; a poluição urbana, pois a bacia destina adequadamente somente cerca de 13,4% dos resíduos sólidos produzidos e conta com 17 lixões, 5 aterros controlados e um aterro sanitário; erosões, assoreamento; falta de proteção a matas ciliares, apesar desta bacia abrigar 11 unidades de conservação; e a diminuição das águas dos rios (IGAM, 2010).

Diante de tais problemas, o diagnóstico ambiental é uma importante ferramenta no controle e na preservação do meio ambiente, pois é a caracterização da qualidade ambiental atual da área estudada, de modo a fornecer conhecimento suficiente para embasar a identificação e a avaliação dos impactos nos meios físico, biológico e socioeconômico. A partir de tal conhecimento relacionado aos recursos da região, é possível planejar as devidas intervenções. Conforme informações coletadas no Instituto Mineiro de Gestão das Águas-IGAM:

O rio Manhuaçu nasce na Serra da Seritinga, divisa dos municípios de Divino e São João do Manhuaçu, e deságua no rio Doce, do qual é um dos principais afluentes pela margem direita, acima da cidade de Aimorés. A bacia apresenta

uma população estimada de 308.792 habitantes, abrange um total de 28 municípios, possui extensão de 347 km e área de drenagem de 8.826 km<sup>2</sup>, tendo como principais afluentes pela margem direita os rios José Pedro e São Manuel. Localizada na margem direita do Rio Doce, na região denominada Zona da Mata, a bacia é inserida no Bioma da Mata Atlântica (IGAM,2008).

Como resultado das inúmeras intervenções ocorridas durante o histórico de ocupação e utilização do solo para a agricultura, especialmente em função das culturas de café, principal atividade econômica da região, e das pastagens, a cobertura vegetal existente, via de regra, apresenta caráter secundário. (IGAM, 2007).

## 2 | CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

A bacia do rio Manhuaçu recebe a sigla DO6 pela UPGRH (Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos), e está localizada nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, possui 14 afluentes e contém 8.826,06 km<sup>2</sup> de área de drenagem, sendo 96% desta pertencente ao estado de Minas Gerais (PARH DO6, 2010).

Segundo a classificação Köppen, o clima predominante da região da bacia do rio Manhuaçu é o Cwb – clima temperado marítimo ou clima tropical de altitude, que apresenta verões brandos com estações chuvosas e estiagem no inverno (ALVARES et al., 2014). A geomorfologia da região, em sua maioria, é composta por litologia pré-cambrianas e a altitude máxima encontra-se na serra do Caparaó, com 2.897m no pico da Bandeira (IGAM, 2008).

Na bacia do rio Manhuaçu, as classes de solo predominante são os Latossolos, Argilossolos e Cambissolos, dentre estes o Argilossolo é o de maior erodibilidade e os Latossolos os de menor (IGAM, 2008). O solo predominante nesta bacia é o Latossolo Vermelho-Amarelo, caracterizado por ser fundo e bem drenado. Os Argilosos Vermelhos apresentam profundidade variável. Este solo, por ser de fácil erosão, seu uso se limita a pastagem ou plantio de culturas permanentes com ciclo longo, como exemplo o café, bastante cultivado na região. O Cambissolo Háplicos ocupa uma pequena parte da bacia e apresenta pouca profundidade, e solos minerais bem drenados (IGAM, 2008). Esta é uma área sujeita a fortes erosões (FARIA et al., 2010).

A bacia do rio Manhuaçu conta com 26 municípios, somando um total de aproximadamente 300 mil habitantes, segundo estimativa do IBGE de 2007. A maior parte dos municípios inseridos na DO6 são de pequeno porte, com população menor que 20 mil pessoas, sendo cerca de 39% da população total rural (IBGE, 2007).

O PIB da bacia do rio Manhuaçu revela que a principal atividade econômica da região é o setor de serviços, contando com uma parcela de 59% do total, seguida pelo setor agropecuário que representa 21% da produção econômica anual da região (IGAM, 2008). Segundo o IBGE, a bacia DO6 contava com uma área plantada de 104.664 hectares em 2006, sendo 65% desta área destinada a agropecuária. O destaque da produção agrária da região é do café, setor que teve um crescimento de 169% no período de 2000 – 2006. O extrativismo se resume ao carvão vegetal e

madeira, em sua maior parte para indústria de celulose e papel (IGAM,2008).

Segundo o IBGE, em 2007, 93,1% da população urbana contava com o abastecimento de água, sendo este serviço prestado pelas prefeituras, SAAE's (Serviço autônomo de água e esgoto) e COPASA (Companhia de saneamento de Minas Gerais). Os dados para as regiões rurais não são mencionados.

Cerca de 79,2% do esgoto sanitário produzido na bacia é coletado, o que corresponde a 5.963.085 m<sup>3</sup>/ano. Destes, somente 72.985 m<sup>3</sup> são tratados, que corresponde a pouco mais de 1% do esgoto produzido. Esta questão reflete um dos maiores problemas de poluição dos recursos hídricos (IGAM, 2008).

A distribuição do uso da água superficial na UPGRH DO6 apresenta sua maior parcela destinada a irrigação, correspondendo a 59% do total outorgado. O abastecimento humano corresponde a 28%, sendo o abastecimento industrial e dessedentação de animais pouco dispendiosa para a região (IGAM, 2008).

### **3 | METODOLOGIA**

#### **3.1 Pontos de coleta de amostras**

Foram selecionados 30 pontos de coleta de amostras ao longo do rio Manhuaçu e seus principais afluentes (Figura 1). Elegeu-se pontos a montante e a jusante das principais comunidades e cujo acesso é viável para coleta e medição dos materiais e parâmetros, e um ponto no rio Doce. Os pontos foram selecionados e marcados com base nas estações de referência do IGAM, pelos mapas cartográficos do IBGE e pela ferramenta de posicionamento global Google Earth®. A identificação dos pontos utiliza coordenadas planas Universal Transversa de Mercator – UTM, e para encontrar os locais especificados utilizou-se um aparelho Global Positioning System – GPS da marca Garmim.

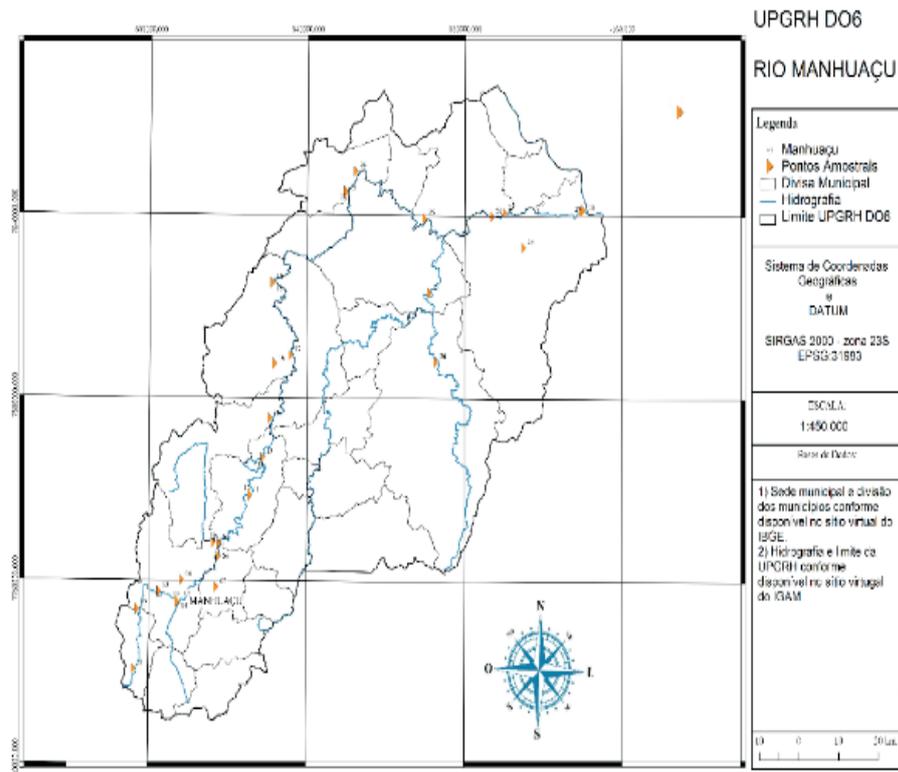


Figura 1. Pontos de coleta ao longo da DO6.

### 3.2 Amostragem

Para realização deste trabalho foram adquiridas amostras nos pontos pré-definidos ao longo da DO6, e os materiais coletados são água e sedimento. Foram realizadas duas campanhas de amostragem, durante a estação seca e durante a estação chuvosa, ao longo da bacia do rio Manhuaçu. A amostragem na estação seca foi realizada no mês de março de 2016, que apesar dos dados históricos indicarem ser um período chuvoso, apresentou baixo índice de chuva durante o ano. A amostragem durante a estação chuvosa ocorreu em novembro de 2016. Os pontos foram determinados ao longo da primeira campanha de coleta e definidos através de visita a área de estudo. As coordenadas destes pontos foram estabelecidas e em seguida marcadas no mapa da região, considerando a metodologia utilizada em pesquisas similares em outras sub-bacias do rio Doce. (ROESER et al, 2011).

No laboratório, os frascos plásticos de 60 ml e 1.000 ml utilizados para coleta de água foram lavados com água de torneira, água destilada e água deionizada, nesta ordem. A seguir, foram colocados para secar em estufa, bem como suas respectivas tampas. Depois de secos, foram cuidadosamente fechados, sendo abertos somente no momento da coleta. As amostras de água foram coletadas de acordo com a metodologia proposta por Agudo (1987). As coletas foram realizadas contra a corrente, fazendo-se ambiente três vezes com a água do rio. As amostras de água foram coletadas sempre antes da amostra de sedimento, para evitar excesso de sólidos em suspensão.

Dois tipos de amostradores foram utilizados, dependendo da facilidade de coleta da água. Nas áreas onde o acesso foi suspenso (caracterizado pela presença de

ponte) foi utilizado o amostrador vertical tipo Limnus com capacidade de 2,5 L. Onde o acesso foi possível pela margem do ribeirão, utilizou-se frasco com capacidade de 2,0 L, acoplado a uma haste (GREENBERG, et al., 1992).

Foram coletadas para cada ponto três amostras de água. A primeira amostra foi coletada em frascos de 1000 ml para a determinação de pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, resistividade, TDS (sólidos totais dissolvidos) e ORP (Potencial de Oxirredução), que foram realizados no campo. A segunda amostra foi coletada em frascos de 1000 ml para a determinação de teor de sulfatos e de cloretos, que foram realizados no laboratório. A terceira amostra sofreu, já no campo, o processo de filtração por bomba a vácuo e membranas de filtro de 0,45µm de porosidade - a fim de separar o material particulado dos elementos solúveis, em seguida foi acidificada com ácido nítrico concentrado (HNO<sub>3</sub> 65%) para evitar troca iônica e precipitação dos hidróxidos, em pH menor do que 2. Estas amostras foram acondicionadas em frascos de 30 ml para a determinação de metais principais e traços (GREENBERG et al. 1992).

Os sacos plásticos utilizados para coleta de sedimento e solo não necessitaram de preparação prévia. O procedimento de coleta dos sedimentos variou de ponto para ponto, de acordo com as condições de acesso aos locais. Para alguns pontos as coletas foram realizadas com o auxílio de um tubo de policloreto de vinila (PVC) à aproximadamente 1 metro da margem do rio, fazendo-se a perfuração com inclinação de 45°. Outros pontos foram definidos utilizando-se das pontes, assim as amostras foram coletadas utilizando-se uma draga tipo Birge-Ekman, equipamento apropriado para o procedimento. O material coletado foi acondicionado em saco plástico, lacrado e identificado.

### 3.3 Medições in situ

Algumas medições puderam ser feitas diretamente no local. Estes aparelhos foram previamente limpos e calibrados, também se verificou a carga das baterias destes. A Tabela 1 indica os parâmetros de medição in situ e o respectivo equipamento utilizado para medição.

Parâmetro	Unidade de medida	Equipamento de medição
Oxigênio dissolvido - OD	mg/L	Medidor multiparâmetro portátil Hq40d da marca Hach
Pressão atmosférica	hPa	Medidor multiparâmetro portátil Hq40d da marca Hach
Temperatura da Água	°C	Medidor multiparâmetro portátil Hq40d da marca Hach
Condutividade elétrica	mS/cm	Multiparâmetros portátil da marca Myron L. Company
Potencial redox - ORP	mV	Multiparâmetros portátil da marca Myron L. Company
Sólidos totais dissolvidos - TDS	mg/L	Ultrameter II, 6P

Potencial Hidrogeniônico - pH	-	Ultrameter II, 6P
Resistividade	MΩ.cm	Ultrameter II, 6P
Turbidez	NTU	Turbidímetro da marca DIGMED
Temperatura do ar	°C	Termômetro digital da marca Incoterm

Tabela 1. Parâmetros de medição in situ.

Para a determinação da alcalinidade, foi utilizado o método titulométrico: foram pipetados 100mL das amostras em erlenmeyeres de 250mL, aos quais foram adicionadas 3 gotas de fenolftaleína e 3 gotas de metil-orange. A solução foi titulada com ácido sulfúrico 0,01mol/L. O ponto de viragem ocorreu na mudança de cores: de transparente para vermelho-laranja fraco.

### 3.4 Análises no laboratório

Análises que demandam outros equipamentos e mais tempo não podem ser feitas no próprio local, necessitando assim de um laboratório especializado, e estão especificados na Tabela 2.

Parâmetro	Unidade de medida	Método de análise	Equipamento utilizado	Laboratório de análise
Metais dissolvidos em água	µg/L	Espectrofotometria de emissão atômica com fonte de plasma individualmente acoplado (ICP-EOS)	BRUKER, S2 Picofox	Laboratório de Caracterização Molecular e Espectrometria de Massas (UFOP)
Metais em sedimentos	mg/kg	Espectrofotometria de emissão atômica com fonte de plasma individualmente acoplado (ICP-EOS)	Modelo Cirox CCD	Laboratório de Geoquímica Ambiental (UFOP)
Cloretos	mg/L	4500-Cl	-	LSA (UFOP)
Nitrato	mg/L	NitraVier 6	Hach 8192	LSA (UFOP)

Tabela 2. Análises no laboratório.

Para a análise da água, foram realizadas determinações de cloreto por titulometria e sulfato pelo método turbidimétrico, seguindo o Procedimento Operacional Padrão (POP) do LGQA, baseado nas metodologias propostas por Greenberg et al. (1992), no Standard methods for examination of water and wastewater. Para as determinações de cloreto, foram colocados 100mL de cada amostra em erlenmeyeres de 250mL, utilizando uma pipeta volumétrica, onde foi adicionado 1mL de cromato de potássio. A solução foi titulada com nitrato de prata. O ponto de viragem se deu na mudança de cor para castanho-avermelhado fraco. Para a determinação de sulfato foi utilizado o turbidímetro marca Micronal, modelo B250. Foram adicionados 100mL de cada

amostra em erlenmeyeres de 250mL utilizando uma pipeta volumétrica. Na sequência, foram pipetados 20mL da solução tampão de ácido sulfúrico 0,02 N e adicionados 2g de cloreto de bário. Após agitação durante 2 minutos as amostras foram levadas para leitura no turbidímetro (GREENBERG, et al. 1992). Teores de metais e metaloides foram determinados por Espectrofotômetro de Emissão Atômica com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-EOS), marca SPECTRO, modelo Ciroc CCD.

Para análise dos sedimentos, as amostras foram colocadas em bacias plásticas, previamente descontaminadas, para secagem. Após a secagem natural, as amostras de sedimento foram peneiradas, utilizando-se peneiras com malhas 9 mesh, 16 mesh, 32 mesh, 60 mesh, 115 mesh, 250 mesh e > 250 mesh, de marca ABNT/ASTM 230. A fração menor que 63mm será utilizada para as análises químicas das amostras de sedimento, considerando que vários estudos indicam que os metais e metaloides estão preferencialmente associados às frações mais finas (FÖRSTNER, 2004; PARRA, 2006). A fração a ser utilizada para a análise química de digestão total foi levada à estufa por duas horas a fim de se garantir a sua secagem. Em seguida, realizou-se a digestão a fim de prepará-las para análise no ICP-IO.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Dados obtidos in situ

Os dados de altitude, temperatura da água, oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica, potencial redox (ORP), sólidos totais dissolvidos (TDS) e pH foram obtidos durante a campanha, nos pontos de coleta. A altitude da região possui grande amplitude, com pontos de coleta medidos desde 83 m até 875 m. A média da temperatura no período seco e chuvoso foi de 28,2 °C e 24,6 °C, respectivamente.

A maior parte dos pontos analisados no período seco apresentam OD acima de 6,0 mg/L, que é o mínimo estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 para enquadramento em padrão classe 1. Nos pontos 1 e 2 que, apresentaram OD abaixo de 2,0mg/L, foi observado regime de águas lentas e características de pântano sem água corrente. O ponto 6 com OD de 5,91 mg/L também apresentou água quase parada, o que dificulta a troca gasosa com a atmosfera. O ponto 20, com OD de 5,11 mg/L, apresentou regime de correnteza. No entanto, observou-se área de pastagem e fezes de animais bovinos próximo a margem, o que pode indicar despejo de material orgânico no leito do rio, diminuindo o oxigênio dissolvido. No período chuvoso, os únicos pontos que aparentam ser pobres em OD são os pontos 1 e 2, que como na primeira campanha continuaram a apresentar regime muito lento de escoamento. Os demais pontos apresentaram aumento, devido a maior agitação das águas.

A condutividade elétrica se manteve abaixo dos 200 mS/cm, com exceção do ponto 6, que é o ponto no rio Corredeiros. Esta discrepância pode indicar alta concentração de substâncias húmicas ou metais dissolvidos. No período chuvoso, a maior parte dos pontos apresentou valores baixos de ORP, abaixo de 100 mS/cm. O ponto com maior

valor é o 29, ultrapassando os 500 mS/cm, e representa a foz do rio Manhuaçu no rio Doce.

O ORP não é estipulado pela resolução CONAMA 357/2005 para classificar cursos d'água. Pode-se perceber que os valores de ORP diminuem na época chuvosa. Isto se dá principalmente pela diluição de ânions e agentes oxidantes ou redutores nos corpos d'água.

Todos os pontos no período seco e chuvoso apresentaram TDS menor que 350 mg/L, sendo a grande maioria menor que 150 mg/L. Pela resolução CONAMA 357/2005, 500 mg/l é o limite para classificação 1, logo todos os pontos se encontram em classe 1 em relação a este parametro.

Todos os pontos analisados, tanto no período seco como no chuvoso, se encontram com pH menor que 9 e maior que 6, o que é estipulado pela resolução CONAMA 357/2005 para serem classificados como classe 1.

## 4.2 Dados do laboratório

A análise dos sólidos totais, cloretos, alcalinidade, nitrato e turbidez foram realizadas em laboratório.

A resolução CONAMA 357/2005 não indica valores limites para os sólidos totais. Percebeu-se que os valores estão uniformes ao longo da bacia do rio Manhuaçu. No entanto, no ponto 30, referente ao rio Doce, este valor se encontra cerca de 6 vezes maior que a média da bacia (1,25 g/L). Isso se explica pelo desastre ambiental ocorrido nas barragens de rejeito da Samarco Mineradora S.A. em novembro de 2015, 5 meses antes da coleta. O teor de sólidos totais na segunda campanha está maior em todos os pontos de coleta, em relação ao período seco. Isto é o esperado no período chuvoso, uma vez que o maior volume de água carrega maior quantidade de material e sedimentos. O ponto 30, localizado no rio Doce, apresentou também nesta segunda campanha o maior valor dentre todos os pontos (3,50 g/L), o que mais uma vez mostra que os impactos do desastre ambiental da Samarco Mineradora S.A ainda são percebidos um ano após o ocorrido.

Todos os pontos apresentaram concentrações de cloreto dentro do estipulado pela CONAMA 357/2005, para classificação como classe 1, 2 e 3, que deve ser menor que 250mg/l. Os pontos 28 e 30 são localizados em áreas urbanas bem concentradas, o que leva a crer que os valores muito acima dos demais provém de esgoto doméstico.

A alcalinidade não é especificada pela CONAMA 357/2005, porém percebe-se que no rio Manhuaçu esta concentração apresenta certa uniformidade, apresentando maiores variações nos tributários. O mesmo padrão foi observado no período chuvoso, mas com uma redução da média dos valores nos diferentes períodos de 1408 mg/l para 22,17mg/L.

Todos os pontos analisados no período seco apresentaram concentração de nitrato abaixo de 3,5 mg/L, e a resolução CONAMA 357/2005 estipula valores abaixo

de 10 mg/L para enquadramento na classe 1, 2 e 3. O mesmo foi observado no período chuvoso, porém devido a maior vazão, os valores estão menores pela diluição natural.

A resolução CONAMA 357/2005 estipula turbidez menor que 100 NTU para classe 2 e 3. A maior parte dos pontos no período seco apresentaram turbidez menor que 100 NTU. O ponto 30, do rio Doce, apresentou uma turbidez muito alta comparada aos outros pontos (2553,3 NTU). Isto se explica pelo acidente com as barragens de rejeito a montante desta bacia, que derramou grandes quantidades de rejeitos no rio, que se propagaram até a data de coleta, 5 meses após o acidente e mais de 300 km rio abaixo. Nas amostras analisadas na segunda campanha, apesar de ter ocorrido um aumento na turbidez global da bacia, o que pode ser justificado pelo período chuvoso, nota-se que se encontram com valores menor que 100 NTU exigidos para classificação 1. Mais uma vez, notou-se uma turbidez maior no ponto 30 (rio Doce), de 3452,0 NTU. E, mais uma vez, se justifica pelo desastre ambiental após mais de um ano do acidente

O teor dos elementos metálicos encontrado foi baixo, não apresentando riscos significativos para o meio ambiente e indicando pouco impacto industrial na bacia.

#### 4.3 Análise dos sedimentos

A concentração de alguns elementos metálicos nos sedimentos da Bacia do Rio Manhuaçu pode ser comparada com a de outros rios da Bacia do rio Doce, a partir de dados obtidos por estudos realizados previamente por outros autores, como apresentado na Tabela 3. Percebe-se que, em geral, a presença de metais no rio Manhuaçu é em uma concentração mais baixa, em alguns casos chegando a ser até mais de 300 vezes menor.

Rio	Referência	As	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Zn
Do Carmo	Costa et al. (2006)	14,0 – 1378,0	–	18,0 – 2119,0	28,0 – 291,0	16,0 – 141,0	–	25,0 – 966,0
Conceição	Parra et al. (2007)	4,2 – 89,0	3,9 – 125,0	0,1 – 344,0	6,9 – 626,0	5,3 – 88,1	3,5 – 75,9	36,6 – 378,0
Gualaxo do Norte	Rodrigues et al. (2013)	5,6 – 534,0	–	2,2 – 87,7	18,2 – 227,0	10,3 – 135,0	4,6 – 98,7	28,7 – 85,6
Oratórios	Lacerda e Roeser (2014)	–	0,5 – 0,8	27,5 – 553,0	72,8 – 962,0	16,6 – 303,0	12,5 – 71,8	51,5 – 173,0
Matipó	Reis et al. (2017)	–	–	28,7 – 5827,0	90,8 – 278,0	26,7 – 63,4	14,5 – 93,7	81,0 – 2623,0
Manhuaçu	Presente trabalho	–	–	1,2 – 17,1	1,9 – 72,0	3,2 – 13,2	7,6 – 81,9	3,8 – 116,9

Tabela 3. Concentração de metais e metaloides nos sedimentos de alguns rios da Bacia do Rio Doce (Adaptado de Reis et al, 2017).

A ocorrência de ferro e magnésio nas amostras aparentam ser litológicos, e não representam contaminação ao meio ambiente. Os valores mais elevados coincidem

com o curso principal do rio Manhuaçu, e em seus tributários percebe-se menor teor destes elementos. O ponto 30, referente ao rio Doce, apresenta o teor mais elevado destes metais, o que provém do escoamento de rejeitos de minas de extração de ferro e outros minerais no quadrilátero ferrífero.

Percebe-se que os valores de sódio no período seco estão elevados. Este metal alcalino é muito presente no esgoto doméstico, e apresenta uma mobilidade em água elevada. Os pontos onde encontram-se picos de potássio, cálcio e estrôncio são no curso principal do rio Manhuaçu, se destacando em relação aos tributários, o que leva a crer que estes elementos estão sendo carregados ao longo da bacia. Como a principal atividade desta bacia é a agricultura de café, acredita-se que estes nutrientes provenham destas lavouras.

## 5 | CONCLUSÕES

Foi realizada uma análise de parâmetros de importância ambiental da UGRH DO6 e pode-se perceber que a água e sedimentos desta bacia estão impactados principalmente por poluição urbana e de atividades de plantio ou cultivos de pequeno porte. Por ser uma bacia de atividade industrial ausente, apresentou indicadores de poluição menores quando comparados aos do ponto 30 no rio Doce, que indica que a bacia DO6 de certa forma está contribuindo para diluir os impactos mais fortes que vem de montante, uma região por sua vez mais populosa e industrializada.

Os parâmetros físico-químicos encontram-se dentro dos limites estipulados pelo CONAMA, o que indica que tais parâmetros não possuem efeito significativo de impacto nesta bacia. Os metais encontrados não demonstraram impacto ambiental antrópico uma vez que seguem a mesma tendência, indicando uma possível ocorrência ou derivação litológica quando comparados ao longo da bacia.

Feito o monitoramento da região durante um ano, pode-se verificar que a DO6 apresenta maior problema hídrico relacionado a falta de saneamento adequado na região. Viu-se assim necessário uma ação das autoridades para atenuar este problema e contribuir para a manutenção e preservação dos recursos hídricos desta região.

Sobretudo, foi possível verificar que, mesmo após 1 ano da ocorrência do desastre ambiental do rompimento das barragens de rejeito da Samarco SA, em novembro de 2015, os impactos são grandes na qualidade das águas e sedimentos. Principalmente nos parâmetros físicos de sólidos e turbidez.

## REFERÊNCIAS

AGUDO, E. G. **Guia de coleta e preservação de amostra de água**. 1a ed. São Paulo: CETESB, 1987. 150 p.

ALVARES, C. A.; Stape, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

ANA – Agência Nacional das Águas, **Indicadores do Índice de Qualidade da Água**. Disponível em: < <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-idade-aguas.aspx>>

BRASIL, RESOLUÇÃO CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. **Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional**. Publicado no D.O.U.

BRASIL, RESOLUÇÃO CONAMA nº430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA**. Publicado no D.O.U.

FARIA, A. L. D; SANTOS, E. E; FILHO, F. I. E; CERQUEIRA, S. M.; SCHAEFER, R. G. E. C. **Relatório final do projeto de enchentes – Bacia Hidrográfica do Rio Manhuaçu – uma Análise das áreas susceptíveis à erosão dos solos**. Revista de Geografia UFPE, 2010.

FORSTNER, U. Traceability of sediment analysis. **Trends in analytical chemistry**. Amsterdam, v. 23 p. 217-236, 2004.

GREENBERG, A.E.; CLESCERI, L.S.; EATON A.D. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 18 ed. Washington: American Public Health Association, 1992.

IBGE- **Dimensão ambiental - água doce**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/aguadoce.pdf>>

IGAM. **Mapas de Bacias Hidrográficas do rio Doce**, 2010. Disponível em: <[www.igam.mg.gov.br/geoprocessamento/mapas/1258](http://www.igam.mg.gov.br/geoprocessamento/mapas/1258)>

IGAM. **Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais na Bacia do Rio Doce em 2007**. Relatório Anual. Projeto “Águas de Minas”. Belo Horizonte. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. 2008.

PARH DO6; IGAM – **Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Manhuaçu**, 2010.

PARRA, R.R. **Análise geoquímica de água e sedimentos afetados por minerações na bacia hidrográfica do Rio Conceição, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais- Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais. 2006.

REIS, D. A., SANTIAGO, A. F., NASCIMENTO, L. P., ROESER, H. M. P. **Influence of environmental and anthropogenic factors at the bottom sediments in a Doce River tributary in Brazil**. Environmental Science and Pollution Research, v. 24, n. 1, p. 7456-7467, 2017.

Roeser, H.M.P., Nalini Junior, H.A, de Lena, J.C., Tropia, A., Gontijo, E.S.J. Lacerda, F.M., Friese, K. **Classificação geoquímica das águas da bacia do Alto Rio Doce**. XIII CBGq, Resumos. Gramado, 2011.

## **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

### B

Bacia hidrográfica 6, 57, 68, 105, 115, 119, 120, 130, 150  
Balneabilidade 7, 79, 80, 81, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92  
Biofiltros 139, 141

### C

Caracterização 5, 57, 58, 59, 63, 112, 162, 170, 171, 181, 182, 183, 187  
Comunidade rural 6, 14, 15, 25, 102

### D

Descarte Inapropriado 190  
Diagnóstico ambiental 5, 6, 57, 58

### E

Educação Ambiental 92, 151, 164, 177, 179, 189  
Ensaio de Tratabilidade 105, 112, 113, 115, 116, 117, 119, 121, 122, 123, 124, 126, 129  
Equipamento de Informática e Hardware 190  
Esgotamento sanitário 14, 15, 17, 20, 25, 26, 30, 46, 52, 120  
ETA 105, 106, 116, 117, 119, 120, 121, 122, 128, 129

### G

Gerenciamento de Resíduos Sólidos 8, 160, 162, 163, 169  
Gerenciamento de Riscos 106, 107  
Gestão Ambiental 79, 177, 192, 217  
Gestão comunitária 41, 43, 50, 51, 52, 53, 54  
Gestão de Riscos 105, 106, 107, 117, 118, 215  
Globalização 170, 171

### I

Indústria Gráfica 8, 160, 161, 162, 163, 165, 168

### L

Lagoa de estabilização 21, 139, 141

### M

Matriz Tecnológica 6, 41, 42, 43, 46, 48, 50, 51, 52  
Modo de produção camponesa 41

### O

Otimização 7, 28, 112, 115, 118, 119, 121, 129, 130, 160, 162, 166, 167

## P

Permeabilidade 7, 131, 133, 134, 135, 136, 137, 138  
Plano de Gestão de Resíduos Sólidos 188  
Plano de Segurança da Água 105, 106, 112, 117  
Política pública de saneamento básico 6, 1  
Política Tarifária e Desempenho Econômico do Setor de Saneamento Básico 27  
Potabilidade da Água 7, 93, 94, 96, 97, 101, 102  
Prestação de serviço 6, 41, 42, 43, 48, 54  
Privatização 1, 7, 11  
Produção Mais Limpa 8, 160, 161, 168, 169

## Q

Qualidade Ambiental 5, 57, 58, 79  
Qualidade da água 54, 68, 79, 81, 85, 92, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 112, 115, 117, 119, 120, 121, 149, 178

## R

Regulação 5, 6, 8, 9, 10, 11, 27, 28, 29, 34, 37, 38, 40  
Remoção de microalgas 139, 141  
Reservação Domiciliar 93, 94, 98  
Reservatório 93, 94, 101, 104, 215  
Resíduos Sólidos 5, 8, 8, 10, 13, 46, 58, 86, 131, 138, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 168, 169, 170, 171, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 198, 199  
Restauração 54, 147  
Riscos Inerentes Externos 105, 113, 116, 117

## S

Saneamento básico 5, 6, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 48, 49, 50, 53, 54, 56, 91, 92, 94, 120  
Saneamento Rural 6, 15, 26, 41, 42, 43, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56  
Saúde Pública 15, 23, 45, 49, 79, 80, 94, 102, 103

## T

Tratamento de Água Convencional 7, 105, 112, 113, 116, 117, 118, 119, 121, 129, 130

