



Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

Engenharia
Ambiental e Sanitária:
Interfaces do Conhecimento 2

Atena
Editora

Ano 2019

Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

Engenharia Ambiental e Sanitária:
Interfaces do Conhecimento 2

Atena Editora
2019

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: Natália Sandrini
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 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 Internazionele 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 Pietrobon – 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. 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
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	Engenharia ambiental e sanitária [recurso eletrônico] : interfaces do conhecimento 2 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Engenharia Ambiental e Sanitária. Interfaces do Conhecimento; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-694-2 DOI 10.22533/at.ed.942190910 1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série. CDD 628.362
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A obra “*Engenharia Ambiental e Sanitária Interfaces do Conhecimento*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu II volume, apresenta, em seus 31 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia ambiental e sanitária, tendo como base suas diversas interfaces do conhecimento.

Entre os muitos usuários da água, há um setor que apresenta a maior interação e interface com o de recursos hídricos, o setor de saneamento.

A questão das interfaces entre saneamento e recursos hídricos coloca-se no saneamento como usuário de água e como instrumento de controle de poluição, em consequência, de preservação dos recursos hídricos.

Estas interfaces, como linhas integradas prioritárias de pesquisa, relacionam-se ao desenvolvimento e a inovação, seja de caráter científico e tecnológico, entre as áreas de recursos hídricos, saneamento, meio ambiente e saúde pública.

Dentro deste contexto podemos destacar que o saneamento básico é envolto de muita complexidade, na área da engenharia ambiental e sanitária, pois muitas vezes é visto a partir dos seus fins, e não exclusivamente dos meios necessários para atingir os objetivos almejados.

Neste contexto, abrem-se diversas opções que necessitam de abordagens disciplinares, abrangendo um importante conjunto de áreas de conhecimento, desde as ciências humanas até as ciências da saúde, obviamente transitando pelas tecnologias e pelas ciências sociais aplicadas. Se o objeto saneamento básico encontra-se na interseção entre o ambiente, o ser humano e as técnicas podem ser facilmente traçados distintos percursos multidisciplinares, potencialmente enriquecedores para a sua compreensão.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados a estas diversas interfaces do conhecimento da engenharia ambiental e sanitária. 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.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO: EXPERIÊNCIAS E COMPREENSÕES PARA SEU ACOMPANHAMENTO E ATUALIZAÇÃO	
Marcelo Seleme Matias	
DOI 10.22533/at.ed.9421909101	
CAPÍTULO 2	17
AS CARAVANAS DE SANEAMENTO NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO: FORMA DE DIÁLOGO DE SABERES E DE CAPACITAÇÃO PARA O PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO	
Luiz Roberto Santos Moraes	
Luciana Espinheira da Costa Khoury	
Ilka Vlaida Almeida Valadão	
DOI 10.22533/at.ed.9421909102	
CAPÍTULO 3	29
AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE PROJEÇÃO POPULACIONAL PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SANEAMENTO BÁSICO EM BELÉM DO PARÁ	
Giovanni Chaves Penner	
Laércio dos Santos Rosa Junior	
Ana Gabriela Santos Dias	
DOI 10.22533/at.ed.9421909103	
CAPÍTULO 4	37
ESTIMATIVA DE POTENCIAL HÍDRICO SUBTERRÂNEO NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO PARANÁ	
Maurício Marchand Krüger	
Cláudio Marchand Krüger	
Rodrigo Pinheiro Pacheco	
Marcos Cesar Santos da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.9421909104	
CAPÍTULO 5	51
ESTRATÉGIAS INSTITUCIONAIS E REGULATÓRIAS PARA ENFRENTAMENTO DA CRISE HÍDRICA NO ESTADO DE SÃO PAULO	
Ester Feche Guimarães	
Marcel Costa Sanches	
DOI 10.22533/at.ed.9421909105	
CAPÍTULO 6	61
PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS: DO CONCEITO À PRÁTICA, UMA ÊNFASE NO SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DA BAHIA	
Renavan Andrade Sobrinho	
Abelardo de Oliveira Filho	
Cristiane Sandes Tosta	
DOI 10.22533/at.ed.9421909106	

CAPÍTULO 7	74
ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUA DE POÇOS SEDIMENTADOS NAS COMUNIDADES RURAIS DO MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU	
Maria Cristina Scarpari Juliana Ninov Márcia Antonia Bartolomeu Agustini Fabio Orssatto	
DOI 10.22533/at.ed.9421909107	
CAPÍTULO 8	92
CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA CLARIFICADA PROVENIENTE DO TRATAMENTO DO RESÍDUO DO TRATAMENTO DE ÁGUA EM CICLO COMPLETO	
Isadora Alves Lovo Ismail Angela Di Bernardo Dantas Luiz Di Bernardo Cristina Filomêna Pereira Rosa Paschoalato Mateus Ancheschi Roveda Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.9421909108	
CAPÍTULO 9	105
PRÉ-TRATAMENTO DE ÁGUA DE TORRE DE RESFRIAMENTO VISANDO REÚSO	
Nathalia Oliveira dos Santos Lídia Yokoyama Vanessa Reich de Oliveira Gabriel Travagini Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.9421909109	
CAPÍTULO 10	118
PRÉ-TRATAMENTO DE ÁGUA DO MAR AO SISTEMA DE OSMOSE INVERSA EM USINAS TERMELÉTRICAS	
Luciano Dias Xavier Lídia Yokoyama Vanessa Reich de Oliveira Gabriel Travagini Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.94219091010	
CAPÍTULO 11	131
QUALIDADE DAS ÁGUAS DO PARQUE LAGOAS DO NORTE, TERESINA-PI	
Rafael Diego Barbosa Soares Carlos Ernando da Silva Ronne Wesley Lopes da Cruz	
DOI 10.22533/at.ed.94219091011	
CAPÍTULO 12	141
CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SANTO AMARO, ESTADO DO ESPÍRITO SANTO	
Caio Henrique Ungarato Fiorese Herbert Torres Gilson Silva Filho	
DOI 10.22533/at.ed.94219091012	

CAPÍTULO 13	156
CONTROLE DE ENCHENTES E A ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA EM BLUMENAU, SC, BRASIL	
Raphael Franco do Amaral Tafner Roberto Righi	
DOI 10.22533/at.ed.94219091013	
CAPÍTULO 14	168
APLICAÇÃO DE TETO JARDIM RESIDENCIAL NA REDUÇÃO DE ALAGAMENTO URBANO	
Raquel da Silva Pinto Camila de Fátima Lustosa Gabriele Sabbadine André Augusto Gutierrez Fernandes Beati Rafael Augusto Valentim da Cruz Magdalena Luciane de Souza Oliveira Valentim	
DOI 10.22533/at.ed.94219091014	
CAPÍTULO 15	180
DESENVOLVIMENTO DE GEOPOLÍMEROS COM A INCORPORAÇÃO DO LODO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA	
Matheus Rossetto Luciano Senff Simone Malutta Rubia Lana Britenbach Meert Bruno Borges Gentil	
DOI 10.22533/at.ed.94219091015	
CAPÍTULO 16	194
BENCHMARKING DE DESEMPENHO ENTRE OPERADORAS DE ÁGUA E ESGOTO EM NÍVEL DE BACIA HIDROGRÁFICA	
Tiago Balieiro Cetrulo Aline Doria de Santi Rui Domingos Ribeiro da Cunha Marques Tadeu Fabrício Malheiros Natália Molina Cetrulo	
DOI 10.22533/at.ed.94219091016	
CAPÍTULO 17	203
ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM EFLUENTES SIMULADOS DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS	
Micheli Tutumi de Araujo Alexandre Saron	
DOI 10.22533/at.ed.94219091017	
CAPÍTULO 18	218
ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA COMO ÁGUA DE AMASSAMENTO PARA CONCRETO	
André Schramm Brandão Ênio Pontes de Deus Antônio Eduardo Bezerra Cabral Wyoskynaria Mihaly Maia da Silva Francisco Altanízio Batista de Castro Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.94219091018	

CAPÍTULO 19	231
APLICAÇÃO DO MÉTODO ESTATÍSTICO DCCR NA REMOÇÃO DE CORANTES EM EFLUENTE TÊXTIL POR PROCESSO DE ELETROCOAGULAÇÃO	
Fabíola Tomassoni Elisângela Edila Schneider Cristiane Lisboa Giroletti Maria Eliza Nagel-Hassemer Flávio Rubens Lapolli	
DOI 10.22533/at.ed.94219091019	
CAPÍTULO 20	244
DESAGUAMENTO E HIGIENIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO UTILIZANDO ESTUFA AGRÍCOLA SOBRE LEITOS DE SECAGEM	
Juliana Guasti Lozer Ricardo Franci Gonçalves Vinícius Mattos Fabris	
DOI 10.22533/at.ed.94219091020	
CAPÍTULO 21	254
DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO DE CADASTRAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE CONTAMINADAS PELA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	
Renato Ribeiro Siman Hugo de Oliveira Fagundes Larissa Pereira Miranda Luciana Harue Yamane	
DOI 10.22533/at.ed.94219091021	
CAPÍTULO 22	267
ENZIMAS LIGNINOLÍTICAS DE <i>Trametes sp.</i> NA REMEDIAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS GERADOS DURANTE TRATAMENTO DE EFLUENTE KRAFT EM LAGOAS AERADAS FACULTATIVAS	
Eliane Perreira Machado Gustavo Henrique Couto Aline Cristine Hermann Bonato Camila Peitz Claudia Regina Xavier	
DOI 10.22533/at.ed.94219091022	
CAPÍTULO 23	276
ESTUDO COMPARATIVO DA SECAGEM NATURAL DE LODOS DE ETEs SUBMETIDOS AO PROCESSO DE CENTRIFUGAÇÃO	
Sara Rachel Orsi Moretto Walmor Cardoso Godoi Sebastião Ribeiro Junior	
DOI 10.22533/at.ed.94219091023	

CAPÍTULO 24	287
ESTUDO DA AÇÃO DE CONSÓRCIOS MICROBIANOS NA REMEDIAÇÃO DE ÁGUAS CONTAMINADAS	
<p>Viviane Nascimento da Silva e Sá Fabiana Valéria da Fonseca Leila Yone Reznik Tito Lívio Moitinho Alves</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091024	
CAPÍTULO 25	300
ESTUDO DO ACÚMULO DE NITRITO EM REATOR SEQUENCIAL EM BATELADA VISANDO A REMOÇÃO DE NITROGÊNIO PELA VIA CURTA	
<p>Ajadir Fazolo Alisson Luiz Boeing Kátia Valéria Marques Cardoso Prates Paulo Henrique Mazieiro Pohlmann Rafael Coelho Ciciliato Rafaella Oliveira Baracho</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091025	
CAPÍTULO 26	311
GESTÃO DE MICROPOLUENTES EM BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS: O CASO DO RIO BELÉM, CURITIBA, PARANÁ	
<p>Demian da Silveira Barcellos Harry Alberto Bollmann</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091026	
CAPÍTULO 27	330
II-032 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO AGROPECUÁRIO DOS EFLUENTES DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA EMBASA, SITUADAS NO SEMIÁRIDO BAIANO	
<p>Evanildo Pereira de Lima Helder Guimarães Aragão</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091027	
CAPÍTULO 28	339
IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO	
<p>Juliana Guasti Lozer Victor Correia Faustini Cinthia Gabriela de Freitas Ribeiro Vieira Reis Nadja Lima Gorza Renata Maia das Flores</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091028	
CAPÍTULO 29	351
O REÚSO DA ÁGUA DE EFLUENTE NO PÓLO PETROQUÍMICO DE CAPUAVA – SÃO PAULO	
<p>Sâmia Rafaela Maracaípe Lima Eduardo Ueslei de Souza Siqueira Layse de Oliveira Portéglio Mainara Generoso Faustino</p>	
DOI 10.22533/at.ed.94219091029	

CAPÍTULO 30	363
PRODUÇÃO DE BIOMASSA MICROALGAL EM EFLUENTE SUCROALCOOLEIRO CLARIFICADO POR COAGULAÇÃO ELETROQUÍMICA	
Mauricio Daniel Montaña Saavedra	
Viktor Oswaldo Cárdenas Concha	
Reinaldo Gaspar Bastos	
DOI 10.22533/at.ed.94219091030	
CAPÍTULO 31	379
USO DE ESGOTOS TRATADOS NO NORDESTE DO BRASIL: POTENCIAIS E DESAFIOS	
Rafaela Ribeiro de Oliveira	
Yldeney Silva Domingos	
Luara Musse de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.94219091031	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	391
ÍNDICE REMISSIVO	392

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SANTO AMARO, ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Caio Henrique Ungarato Fiorese

Centro Universitário São Camilo, Curso de
Engenharia Ambiental
Castelo – Espírito Santo

Herbert Torres

Centro Universitário São Camilo, Curso de
Engenharia Ambiental
Cachoeiro de Itapemirim – Espírito Santo

Gilson Silva Filho

Centro Universitário São Camilo, Curso de
Engenharia Ambiental
Cachoeiro de Itapemirim – Espírito Santo

RESUMO: O estudo sobre bacias hidrográficas tem se tornado relevante por ser um importante alicerce em fatores como planejamento territorial, qualidade ambiental e de vida. O objetivo deste estudo foi analisar as características morfométricas da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Santo Amaro (BHRSA), na região Sul do estado do Espírito Santo, como forma de subsidiar melhorias na área. Os procedimentos ocorreram com auxílio do ArcGIS®. A base de dados utilizada foi o GEOBASES/ES, que forneceu os arquivos acerca das curvas de nível do local estudado. No recurso Arc Hydro Tool, foi delimitada a BHRSA e traçada toda a linha de drenagem da região. Foram determinadas as características geométricas, de relevo e de drenagem, por meio

de expressões matemáticas encontradas na literatura considerada. A obtenção dos valores ocorreu através do Microsoft Excel, além de realizada uma caracterização hierárquica dos canais. O valor da razão de alongação induz a um risco a enchentes na BHRSA, contudo, não é elevado, devido ao fator de forma e coeficiente de compacidade. Há grande amplitude altimétrica e de declividade, evidenciando irregularidades no relevo local, que é mais propício a cultivos agrícolas. A bacia apresenta drenagem e abastecimento dos cursos hídricos considerados bons, porém, inferiores em relação a outras bacias. Há maior predominância de rios de ordem 1, realçando a importância da preservação das áreas de preservação permanentes. É de relevância a atuação do comitê local de bacias hidrográficas quanto a contenção da erosão das terras locais atrelada a um bom planejamento do uso e ocupação das terras.

PALAVRAS-CHAVE: Análise ambiental; Geoprocessamento; Planejamento Regional; Recursos Hídricos.

MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION
OF THE RIBEIRÃO SANTO AMARO
HYDROGRAPHIC SUB-BASIN, STATE OF

ABSTRACT: The study of watersheds has become relevant because it is an important foundation in factors such as territorial planning, environmental quality and life. The objective of this study was to analyze the morphometric characteristics of the Santo Amaro stream sub-basin (SASB), in the southern region of the state of Espírito Santo, as a way to support improvements in the area. The procedures were performed with the aid of ArcGIS®. The database used was GEOBASES/ES, which provided the archives about the contours of the studied site. In the Arc Hydro Tool feature, the SASB was delimited and the entire drainage line of the region was drawn. The geometric, relief and drainage characteristics were determined through mathematical expressions found in the literature considered. The values were obtained through Microsoft Excel, as well as a hierarchical characterization of the channels. The elongation ratio value induces a flood risk in SASB, however, is not high due to the form factor and compactness coefficient. There is great altimetric amplitude and slope, showing irregularities in the local relief, which is more conducive to agricultural crops. The basin has drainage and supply of water courses considered good, but inferior in relation to other basins. There is a greater predominance of order 1 rivers, highlighting the importance of preserving permanent preservation areas. Relevant is the action of the local river basin committee on the containment of local land erosion linked to good planning of land use and occupation.

KEYWORDS: Environmental analysis; Geoprocessing; Regional planning; Water resources.

1 | INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de extrema importância para a vida, pois, além de proporcionar condições básicas para sobrevivência das espécies e de manter o equilíbrio dos ecossistemas terrestres, a água contribui para garantir o desenvolvimento territorial e econômico. Esse recurso atende a demanda de atividades agrícolas, processos industriais, geração de energia elétrica e outras atividades humanas (MESQUITA, 2017).

Uma bacia hidrográfica envolve explicitamente o conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes, sendo a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo da água (SCHIAVETTI; CAMARGO, 2002). Segundo Trajano et al. (2012), as bacias hidrográficas são unidades estudadas na gestão dos recursos hídricos, sendo áreas de captação natural da água e de atividades humanas. Nela, fazem parte todas as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação.

Uma bacia hidrográfica pode ser considerada como um ente sistêmico, onde ocorrem os balanços de entrada das águas pluviais e saída de água por meio do seu exutório, permitindo que sejam delineadas bacias e sub-bacias interconexadas por

sistemas hídricos (PORTO; PORTO, 2008).

As condições decorrentes do espaço geográfico no meio rural e urbano têm desencadeado uma série de problemas relacionados à utilização dos recursos naturais (CRISPIM; SOUZA, 2016). Dessa forma, a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais, e tem como objetivo elucidar as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental local e regional (TEODORO et al., 2009).

Abordagens que integrem informações obtidas nos cálculos dos índices morfométricos são relevantes para haver um planejamento de determinada bacia hidrográfica. Utilizar as informações geradas pode subsidiar a criação de estratégias de gerenciamento ambiental, uma vez que apresentam várias possibilidades de integração com uso e cobertura do solo, qualidade de água, erosão, exploração de recursos ambientais e dinâmica socioeconômica de determinada área, oferecendo auxílio no planejamento ambiental integrado das bacias hidrográficas em estudo (SOARES et al., 2016).

A caracterização morfométrica de bacias, sobretudo as que estão localizadas em ambientes rurais, também é essencial para a elaboração e implementação de projetos agroambientais regionais, pois os resultados podem auxiliar na compreensão do escoamento superficial da área considerada (NARDINI; CAMPOS; FELIPE, 2013). Além disso, a caracterização morfométrica expressa a relação solo-superfície de uma bacia hidrográfica, levando em consideração o relevo, a rede de drenagem e processos ambientais que permitem analisar os atributos geomorfológicos da região (PEREIRA et al., 2019).

Na atualidade, a análise morfométrica de bacias hidrográficas é feita pela integração de informações em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) (CARDOSO et al., 2006). A integração de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento se dá por meio dos SIG's, que se configuram em ferramentas capazes de fornecer informações sobre a superfície da Terra, contribuindo para o monitoramento de áreas em diferentes escalas de mapeamento, em nível local, regional e global. Nesse sentido, a utilização destas geotecnologias vem evoluindo significativamente nos últimos anos, abrangendo diferentes organizações nas áreas de administração municipal, infra-estrutura, gestão ambiental, educação, entre outras (KALISKI; FERRER; LAHM, 2010).

Com auxílio de geotecnologias e diante da relevância da temática abordada, o objetivo deste estudo foi avaliar e descrever as características morfométricas da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Santo Amaro, no estado do Espírito Santo, com vistas à subsidiar melhorias na área.

2 | METODOLOGIA

Este estudo se baseou em uma pesquisa exploratória acerca das características morfológicas da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Santo Amaro (sigla - BHRSA). O local estudado é predominante rural e abrange parte dos municípios de Muniz Freire, Conceição do Castelo e Castelo, sendo uma região caracterizada por forte atividade agropecuária. De acordo com Sebrae (2005), o ribeirão possui cinco importantes afluentes e deságua no rio Castelo, além de estar inserido na bacia do Rio Itapemirim. A Figura 1 mostra a localização da BHRSA.

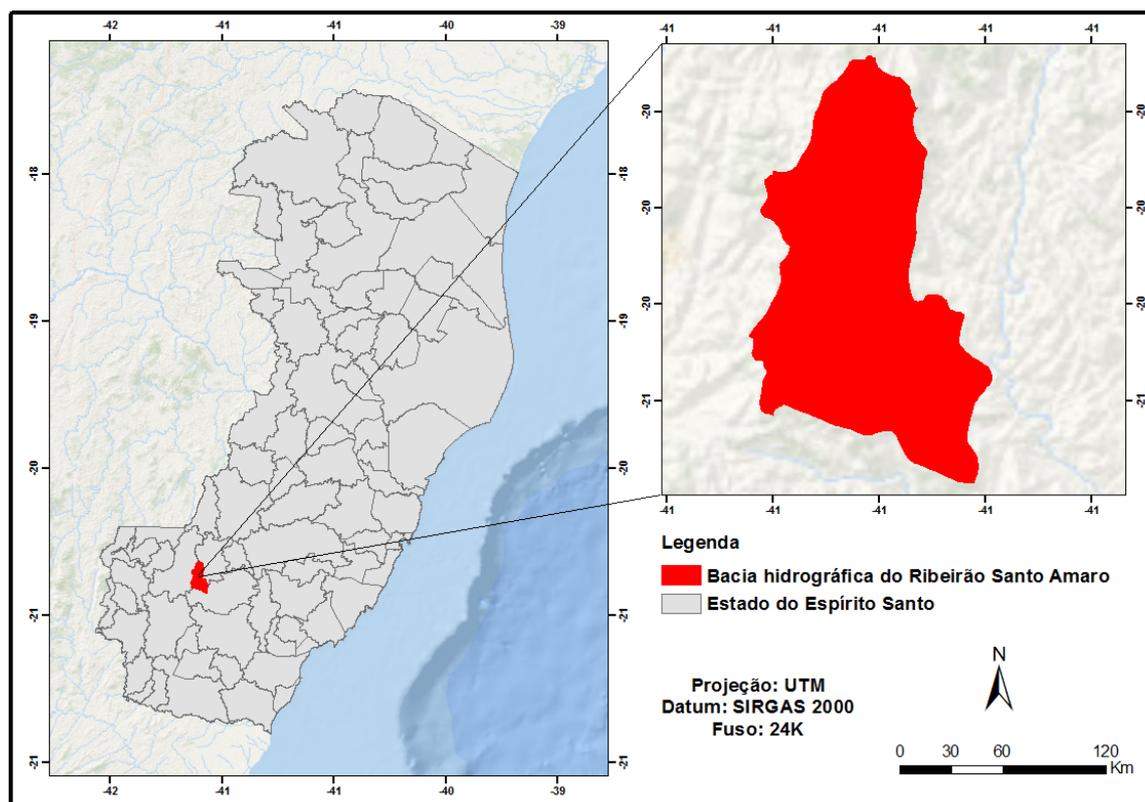


Figura 1 – Localização da BHRSA no estado do Espírito Santo

Fonte: Os Autores (2019).

A base de dados utilizada foi o Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES) e o sítio eletrônico do Instituto Jones dos Santos (IJSN), em que foram consultados, os arquivos *curvas de nível* e *municípios*, em formato shapefile (shp). Com auxílio do programa ArcMap na versão 10.2.2 e dos arquivos, foi gerado um Modelo Digital de Elevação (MDE) da região de interesse. Para tal, antes de elaborar o MDE e com base na ferramenta *clip*, do ArcMap, foi feito um recorte das curvas de nível para os três municípios para, no final, delimitar a bacias hidrográfica considerada. Os procedimentos de delimitação da bacia e da sua rede de drenagem ocorreram com auxílio do recurso Arc Hydro Tools, em versão compatível à do ArcGis utilizada neste trabalho. O método passo a passo, da inserção do MDE no layout até a delimitação da sub-bacia, foi feito de acordo com

Processamento Digital (2015).

Os procedimentos quanto à determinação dos valores estudados foram semelhantes aos estudos feitos por Sousa e Paula (2016). Através da preparação do banco de dados requerido, foi possível realizar a análise hidrológica da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Santo Amaro. Essas ferramentas do ArcMap possibilitam determinar parâmetros como, por exemplo, fluxo acumulado e sua direção, ordenamento dos cursos d'água e divisores de água (SANTOS; LOUZADA; EUGÊNIO, 2010). Nesta pesquisa, foram levantadas, por meio do ArcGIS, as seguintes características morfométricas apresentadas e agrupadas no Quadro 1.

GEOMETRIA	RELEVO	DRENAGEM
Área de drenagem	Altitude máxima	Comprimento do rio principal
Coefficiente de compacidade	Altitude média	Comprimento total dos cursos d'água
Fator de forma	Altitude mínima	Densidade de drenagem
Índice de circularidade	Declividade máxima	Índice de sinuosidade
Perímetro da bacia	Declividade média	Ordem da bacia
Razão de alongação	Declividade mínima	Quantidade total de canais de drenagem
	Índice de rugosidade	Coefficiente de manutenção
	Rugosidade topográfica	Extensão média do escoamento superficial
		Extensão do percurso superficial
		Densidade hidrográfica

Quadro 1 – Parâmetros morfométricos da BHRSA determinados.

Fonte: (SOUSA; PAULA, 2016).

As altitudes máxima, média e mínima foram estimadas através da geração do MDE, observando, assim, os valores por meio dos recursos estatísticos da tabela de atributos do ArcGIS. Para determinar as declividades, foi gerado um mapa de declividade a partir do MDE, com auxílio dos recursos da aba *symbolology*, nas propriedades do arquivo.

A área de drenagem e o perímetro foram obtidos a partir da delimitação da bacia hidrográfica estudada e da edição deste arquivo, em formato shapefile, na tabela de atributos. Os comprimentos do rio principal e de todos os cursos d'água foram obtidos a partir da geração e edição de outro arquivo, a partir também de estimativas feitas na tabela de atributos dos arquivos.

A quantidade total dos canais de drenagem que compõem a bacia foi estimada através da criação de um novo campo (denominado comprimento) na tabela de atributos e do recurso *summarize*, que permitiu somar o comprimento total dos cursos hídricos e o comprimento dos cursos d'água para cada ordem, que foi classificada para toda a malha hidrográfica com auxílio dos recursos do ícone *hydrology*, no ArcToolbox. Dessa forma, foi possível gerar também um mapa final acerca da ordem

dos cursos hídricos na BHRSA. As equações utilizadas para determinar os demais parâmetros, bem como a literatura consultada, são descritas a seguir:

Coefficiente de compacidade (Kc): Estabelece uma relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia (GEORGIN; OLIVEIRA; ROSA, 2015). Conforme Villela e Mattos (1975), esse é um coeficiente que varia com a forma de uma bacia, que independe do seu tamanho, sendo calculado pela equação (1):

$$KC = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

Em que: KC = coeficiente de compacidade (adimensional); P = perímetro da bacia (Km); A = área da bacia (m²). Quanto mais próximo de 1 estiver o valor de KC, mais circular será a forma da bacia, portanto menor será o tempo de concentração de suas águas até o canal principal aumentando a probabilidade de picos de enchentes (CORREIA; BETTINE, 2015).

Fator de forma (Kf): Relaciona a forma de uma bacia com um retângulo, sendo uma razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia hidrográfica, desde sua foz até o ponto mais distante (SANTOS et al., 2012). Esse valor foi estimado através da equação (2):

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

Sendo: Kf = fator de forma; A = área (Km²); L = comprimento axial (Km) (SANTOS et al., 2012).

Índice de circularidade (Ic): Valores acima de 0,51 indicam bacias hidrográficas alongadas, enquanto valores abaixo de 0,51 indicam bacias mais alongadas (SOUSA; PAULA, 2016). Relaciona os parâmetros área da bacia (A) e perímetro (P), ou seja (equação (3)):

$$Ic = 12,57 \times \frac{A}{P^2} \quad (3)$$

Razão de alongação (RE): De acordo com Mosca (2003), relaciona o diâmetro do círculo de área igual à área total de uma bacia e o comprimento do seu eixo, ou seja (equação (4)):

$$RE = 1,128 \times \left(\frac{A^{0,6}}{L}\right) \quad (4)$$

Sendo: RE = razão de alongação; A = área da bacia (Km²); r = raio (Km); L= comprimento da bacia (Km). A probabilidade de uma chuva intensa abranger toda uma bacia hidrográfica circular é maior no que nas bacias alongadas, com vazão intensa e maior probabilidade de ocorrer enchentes. Dessa forma, a ocorrência de enchentes é maior quanto mais próximo de 1 for o valor de RE (MOSCA, 2003).

Índice de rugosidade (IR): evidencia maior diversidade de ambientes e movimento do relevo, culminando na variação das declividades e comprimento das vertentes, além da dimensão das drenagens. Quanto maior esse coeficiente, mais restritiva serão as possibilidades de uso de solo (MACHADO et al., 2011). Esse índice combina as qualidades de declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, resultando do produto entre a amplitude altimétrica (Δa) e a densidade de drenagem (Dd), ou seja, (equação (5)) (GUARIZ et al., 2008):

$$IR = \Delta a \times Dd \quad (5)$$

O coeficiente de rugosidade, segundo Gomes et al. (2015), “classifica a microbacia conforme a sua aptidão para práticas agrossilvopastoris”, conforme mostra a Tabela 2.

Coeficiente de rugosidade	Classes	Aptidão
1,09 - 10,63	A	Agricultura
10,64 - 20,18	B	Pastagem
20,19 - 29,73	C	Pastagem / Reflorestamento
29,74 - 39,28	D	Reflorestamento

Tabela 2 – Aptidão de uso de solo conforme o coeficiente de rugosidade.

Fonte: (ROCHA, 1997).

Rugosidade topográfica (Ht): Conforme Silva et al. (2003), trata-se de um índice aplicado em análise dimensional da topografia de bacias, sendo resultado do produto entre a amplitude topográfica (H) em metros, e a densidade de drenagem (Dd), em Km/Km², ou seja (equação (6)):

$$Ht = H \times Dd \quad (6)$$

Densidade de drenagem (Dd): O estudo da densidade de drenagem indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, sendo o índice que indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem (CURTARELLI et al., 2009). Esse valor é estimado através da equação (7):

$$Dd = \frac{LTC}{A} \quad (7)$$

Sendo: Dd = densidade de drenagem (Km⁻¹); LTC = comprimento total dos cursos d'água (Km); A = área da bacia (Km²).

Índice de sinuosidade (IS): Villela e Mattos (1975) afirmam que é a relação entre o comprimento do rio principal e o comprimento de um talvegue, sendo um fator controlador da velocidade de escoamento e estimado pela seguinte relação (equação (8)):

$$IS = \frac{100 \times (Lp - Lt)}{Lp} \quad (8)$$

Sendo: IS = índice de sinuosidade (%); Lp = comprimento do rio principal (m); Lt = comprimento do talvegue (m). Esse índice, segundo Marcuzzo et al. (2012), possui classes, conforme mostra a Tabela 3.

Classes	Descrição	Sinuosidade
I	Muito reto	< 20
II	Reto	20 a 29
III	Divagante	30 a 39,9
IV	Sinuoso	40 a 49,95
V	Muito sinuoso	> 50

Tabela 3: Classificação do IS

Fonte: (MARCUIZZO et al., 2012).

Coefficiente de manutenção (Cm): significa a área que uma bacia precisa para manter perene cada metro de canal hídrico (SANTOS et al., 2012). Esse valor, estimado através da densidade de drenagem (Dd), é obtido pela equação (9):

$$Cm = \left(\frac{1}{Dd}\right) \times 1000 \quad (9)$$

Extensão média do escoamento superficial (Lm): é a distância média que a água da chuva teria que escoar sobre a área de uma bacia hidrográfica, se o escoamento ocorresse em linha reta, desde o ponto onde houve precipitação pluviométrica até o ponto mais próximo no leito de um curso d'água qualquer (GUARIZ, 2008), sendo estimado pela equação (10):

$$Lm = \frac{A}{4 \times LTC} \quad (10)$$

Sendo: L_m = extensão média do escoamento superficial (Km); A = área da bacia (Km^2); LTC = comprimento total dos cursos d'água (Km).

Extensão do percurso superficial (EPS): segundo Romero, Formiga e Marcuzzo (2017), significa a distância média percorrida pelas enxurradas do interflúvio até o canal permanente, sendo uma das variáveis mais importantes que afeta nas partes hidrológica e fisiológica das bacias de drenagem, considerando, nos cálculos, o valor da densidade de drenagem (D_d). Esse valor, dado em Km, pode ser estimado através da equação (11):

$$EPS = \frac{1}{2 \times D_d} \quad (11)$$

Densidade hidrográfica (D_h): segundo Stipp, Campos e Caviglione (2010), “compara a frequência de cursos de água e estima a capacidade de gerar novos cursos hídricos”. Esse valor, dado em rios por Km^2 , é estimado por meio da equação (12):

$$D_h = \frac{N}{A} \quad (12)$$

Sendo: N = número de rios; A = área da bacia (Km^2). Todos os dados foram estimados por meio de planilha do Microsoft Excel e inseridos em uma tabela, para, posteriormente, estudá-los conforme a literatura considerada e as observações feitas.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A sub-bacia estudada possui área igual a $103,468 \text{ Km}^2$ e, entre os principais resultados obtidos, destacam-se a densidade de drenagem ($1,82 \text{ Km/Km}^2$), a extensão média do escoamento superficial ($0,137 \text{ Km}$) e os dados de altitude e declividade. As Tabelas 4 a 7 mostram os resultados dos valores para as caracterizações geométricas, de relevo, de drenagem e da hierarquia dos canais, respectivamente, da área estudada.

PARÂMETRO	VALOR
Área de drenagem	$103,468 \text{ Km}^2$
Coefficiente de compacidade	1,46
Fator de forma	0,33
Índice de circularidade	0,46
Perímetro da bacia	$52,921 \text{ Km}$

Tabela 4 – Resultados dos parâmetros geométricos.

Fonte: Os Autores (2019).

PARÂMETRO	VALOR
Altitude máxima	1160 m
Altitude média	697,528 m
Altitude mínima	380 m
Amplitude altimétrica	780 m
Declividade máxima	90%
Declividade média	18%
Declividade mínima	0%
Índice de rugosidade	1,41
Rugosidade topográfica	1419 m/Km

Tabela 5 – Resultados dos parâmetros de relevo.

Fonte: Os Autores (2019).

PARÂMETRO	VALOR
Comprimento do rio principal	17,726 Km
Comprimento total cursos d'água	188,625 Km
Densidade de drenagem	1,82 Km/Km ²
Índice de sinuosidade	1,337
Ordem da bacia	5
Quantidade total canais de drenagem	315
Coeficiente de manutenção	549,450 m ²
Extensão média do escoamento superficial	0,137 Km
Extensão do percurso superficial	0,274 Km
Densidade hidrográfica	3,044 rios/Km ²

Tabela 6 – Resultados dos parâmetros de drenagem

Fonte: Os Autores (2019).

ORDEM	QUANTIDADE DE CANAIS	COMPRIMENTO MÉDIO (m)	COMPRIMENTO TOTAL (Km)
1	180	596,406	110,509
2	70	567,416	40,887
3	42	511,349	22,107
4	16	598,241	9,852
5	7	731,390	5,270

Tabela 7 – Resultados da hierarquia dos canais para a BHRSA.

Fonte: Os Autores (2019).

O valor do coeficiente de compacidade obtido não ficou muito próximo de 1, indicando, assim, que a bacia hidrográfica estudada não possui sua forma muito circular, permitindo, assim, haver menores picos de enchentes. Contudo, a razão de alongação apresentou número próximo a 1, indicando a maior possibilidade de

enchentes, ao passo que o índice de circularidade ficou abaixo de 0,51, caracterizando a bacia como sendo mais alongada. Na BHRSA, contudo, a ocorrência de inundações é predominante em épocas de precipitações fortes, apesar de a bacia não assumir forma mais arredondada, o que caracterizaria como vulnerável a picos de enchentes.

Quanto ao relevo, há amplitude de 780 metros de altitude, valor bem significativo em comparação com outras bacias hidrográficas como, por exemplo na bacia hidrográfica do rio Tapuio (104,68 metros, segundo Sousa e Paula (2016)) e nas sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo (330 m e 430 m respectivamente, segundo Santos et al. (2012)), indicando, assim, irregularidades no relevo da BHRSA. A variação de declividade também foi alta, em comparação com estudos feitos por Sousa e Paula (2016) na bacia hidrográfica estudada.

Segundo a Embrapa (1979), com base no valor médio da declividade, o relevo da bacia hidrográfica estudada foi classificado como relevo ondulado (8 a 20%). Contudo, a alta amplitude da BHRSA permite que haja trechos de relevo forte montanhoso (acima de 75%) e relevo plano (0 a 3%). O índice de rugosidade obtido mostra que a BHRSA está mais apta, em boa parte de seu território, para a prática de agricultura, sendo esta uma atividade de forte importância e predominância na região, apresentando formas de canais classificados de retilíneos a sinuosos (formas intermediárias) e valores maiores indicam canais mais declivosos.

Com relação à densidade de drenagem, a BHRSA, de acordo com a classificação abordada por Carvalho e Silva (2006), ficou entre 1,5 e 2,5 Km/Km², ou seja, bacias com drenagem boa. Contudo, o valor ficou abaixo de outras bacias hidrográficas, em estudos como os de Santos et al. (2012). Christofolletti (1969) afirma que, quanto maior o valor da densidade de drenagem, maior a predominância de áreas com pouca infiltração e melhor é a estruturação dos canais. Na BHRSA, a tendência é haver mais o oposto, ou seja, áreas com maior infiltração, porém, predominância de canais menos estruturados, mesmo tendo classificada como boa drenagem.

O coeficiente de manutenção obtido significa que esta sub-bacia necessita de 549,45 m² de área para manter por um metro de canal de drenagem local. Valor inferior ao obtido por autores como Stipp, Campos e Caviglione (2010), na bacia hidrográfica do rio Taquara (1022,642 m²). Portanto, a BHRSA possui boa capacidade de abastecer seus cursos hídricos, em comparação com outras bacias, sendo um fator positivo para o abastecimento da região.

A extensão média do escoamento superficial estimada influi que a área da BHRSA precisa de 0,274 Km ou 274 m para que uma gota d'água oriunda de precipitações precisaria percorrer, em linha reta, para escoar até o leito hídrico mais próximo. Quanto à extensão do percurso superficial, o valor estimado foi inferior a de autores como Stipp, Campos e Caviglione (2010), que obtiveram o equivalente a 0,511 Km, porém, superior à de três bacias hidrográficas estudadas por Santos e Sobreira (2008). Menores valores de EPS indicam que as águas precipitadas precisam

percorrer curto caminho para chegar ao leito de um curso hídrico, contribuindo, assim, para o aumento do volume d'água dos corpos receptores (NUNES; RIBEIRO; FIORI, 2006). Portanto, para a BHRSA, o valor obtido pode ser considerado médio, indicando que o volume de água precipitado percorre distâncias relativamente aceitáveis até atingir o curso hídrico mais próximo. Quanto maior for essa distância, maior é a infiltração da água no solo.

A densidade hidrográfica encontrada não foi muito elevada, porém, apresentou valor acima do obtido por Nunes, Ribeiro e Fiori (2006), em estudos acerca da bacia hidrográfica do rio Atuba. Dessa forma, apresentou valor considerado razoável para a BHRSA, que abrange maior número de cursos hídricos de ordem 1, ao passo que o comprimento médio dos rios é maior para os de ordem 5, enfatizando, assim, a importância da preservação dos cursos d'água de primeira ordem (FIORESE; TORRES, 2019) e das nascentes locais.

4 | CONCLUSÃO

A sub-bacia do ribeirão Santo Amaro possui regular potencial de risco a enchentes, em virtude dos valores obtidos para o fator de forma e a razão de alongação, principalmente. Quanto ao relevo, há grande amplitude altimétrica e de declividade, induzindo a irregularidades na topografia local, além de ser favorável à agricultura. No tocante à análise de drenagem, a BHRSA apresentou bons valores dos parâmetros estimados, no entanto, alguns estavam inferiores ao obtido por autores em pesquisas similares, além de apresentar números consideráveis de cursos hídricos de ordem 1, capazes de alimentar consideravelmente o curso d'água principal.

Diante das observações registradas a partir dos resultados, é de grande relevância a atuação do comitê local de bacias hidrográficas no tocante contenção da erosão das terras locais, preservação dos cursos hídricos e nascentes aliada a um bom planejamento do uso e ocupação das terras, com vistas a minimizar o deterioramento dos recursos hídricos com base nas características locais.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. **Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Frigurgo, RJ**. Revista *Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.

CARVALHO, D. F. de.; SILVA, L. D. B. da. **Capítulo 3. Bacia hidrográfica**. Disponível em: < <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap3-BH.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica de bacias hidrográficas**. Notícia Geomorfológica, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.

CORREIA, L. E.; BETTINE, S. do C. **Caracterização física da bacia hidrográfica do córrego Brandina, Campinas – SP.** In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10., 2015, Campinas. Anais... Campinas: PUC, 2015.

CRISPIM, A. B.; SOUZA, M. N. **Degradação, impacto ambiental e uso da terra em bacias hidrográficas: o contexto da bacia do Pacoti/CE.** ACTA Geográfica, v. 10, n. 22, p. 17-33, 2016.

CURTARELLI, M. P. **SIG aplicado à caracterização morfométrica de bacias hidrográficas – estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul – Santa Catarina/Brasil.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. Anais... Natal: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2009.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Serviço nacional de levantamento e conservação de solos.** Rio de Janeiro: Embrapa, 1979. 83 p.

FIGLIARESE, C. H. U.; TORRES, H. **Morfometria da sub-bacia hidrográfica do Córrego Amorim, em Muniz Freire-ES, Brasil.** Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 16, n. 29, p. 157-172, 2019.

GEOBASES. **Iema – mapeamento ES - 2012-2015.** Disponível em: <<https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215>>. Acesso em: 24 jan. 2019.

GEORGIN, J.; OLIVEIRA, G. A.; ROSA, A. L. D. da. **Estudo comparativo de índices morfométricos relacionado com cheias nas bacias hidrográficas do alto Jacuí e Vacacaí – Vacacaí Mirim – RS.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 19, n. 2, p. 1357-1364, 2015.

GOMES, L. N.; SOUZA, M. S. J. de.; ARDUINI, G. M.; NARDINI, R. C.; RIBEIRO, F. L. **Análise morfométrica e susceptibilidade à erosão da microbacia do nascente do Rio das Cinzas-PR.** Revista Ciência Geográfica, v. 19, n. 1, 2015.

GUARIZ, H. R. **Morfometria e atributos físicos do solo da microbacia do córrego Jaqueira – Alegre, ES.** 2008. 153f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2008.

KALISKI, A. D.; FERRER, T. R.; LAHM, R. A. **Análise temporal do uso do solo através de ferramentas de geoprocessamento – estudo de caso: município de Butiá/RS.** Revista Para Onde!?, v. 4, n. 2, p. 1-16, 2010.

IJSN. **Shapefiles.** Disponível em: <<http://www.ijns.es.gov.br/mapas/>>. Acesso em: 24 jan. 2019.

MACHADO, R. A. S.; LOBÃO, J. S. B.; VALE, R. de M. C. do.; SOUZA, A. P. M. J. de. **Análise morfométrica de bacias hidrográficas como suporte a definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. Anais... Curitiba: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011.

MARCUZZO, F. F. N.; OLIVEIRA, N. de L.; CARDOSO, M. R. D.; TSCHIEDEL, A. da F. **Detalhamento hidromorfológico da bacia do rio Paraíba.** In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 11., 2012, João Pessoa. Anais... João Pessoa: CPRM, 2012.

MESQUITA, L. F. G. de. **Gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Preto: atores, ações e conflitos.** 2017. 182p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

MOSCA, A. A. de O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas.** 2003. 88f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

NARDINI, R. C.; CAMPOS, S.; FELIPE, A. C. **SIG aplicado na caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão Morro Grande – Bofete, SP**. Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 9, n. 2, p. 211-226, 2013.

NUNES, F. G.; RIBEIRO, N. C.; FIORI, A. P. **Propriedades morfométricas e aspectos físicos da bacia hidrográfica do rio Atuba: Curitiba-Paraná**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6., 2012, Goiânia. Anais... Goiânia: International Association of Geomorphologists, 2006.

PEREIRA, L. C. F.; BRITO, G. H. M.; VESPUCCI, I. L.; ROCHA, I. J. de F. **Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio dos Patos, GO**. Agronomic Journal, v. 3, n. 1, p. 5-13, 2019.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. la L. **Gestão de bacias hidrográficas**. Revista Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

PROCESSAMENTO DIGITAL. **ArcGIS 10.2: delimitação de bacias hidrográficas com ArcHydro Tools**. Disponível em: <<http://www.processamentodigital.com.br/2015/03/05/arcgis102-delimitacao-de-bacias-hidrograficas-com-archydro/>>. Acesso em: 24 jan. 2019.

ROCHA, J. S. M. **Manual de projetos ambientais**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1997. 423p.

ROMERO, V.; FORMIGA, K. T. M.; MARCUZZO, F. F. N. **Estudo hidromorfológico de bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO**. Revista Ciência e Natura, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 320-340, 2017.

SANTOS, A. R. dos; LOUZADA, F. L. R. de O.; EUGÊNIO, F. C. **ARCGIS 9.3 total: aplicações para dados espaciais**. Alegre: CAUFES, 2010. 184 p.

SANTOS, A. M. dos.; TARGA, M. dos S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. **Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil**. Revista Ambiente e Água, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e ações**. Ilhéus: Editus, 2002. 293p.

SEBRAE – Serviço de apoio às micro e pequenas empresas do Espírito Santo. **Inventário da oferta turística do município de Muniz Freire**. Disponível em: <<https://observatoriodoturismo.es.gov.br/Media/observatorio/Pesquisas/Inventarios%20Municipais/Muniz%20Freire.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. 2.ed. São Carlos: RIMA, 2003.

SOARES, L. S.; LOPES, W. G. R.; CASTRO, A. C. L.; ARAUJO, G. M. C. de. **Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado**. Revista do Departamento de Geografia, v. 31, p. 82-100, 2016.

SOUSA, F. R. C.; PAULA, D. P. de. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapuio (Ceará – Brasil)**. Revista do Regne, v. 2, p. 555-564, 2016.

STIPP, N. A. F.; CAMPOS, R. A.; CAVIGLIONE, J. H. **Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Taquara – uma contribuição para o estudo das ciências ambientais**. Portal da Cartografia, v. 3, n. 1, p. 105-124, 2010.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local.** Revista UNIARA, n. 20, p. 136-157, 2007.

TRAJANO, S. R. R. da S.; SPADOTTO, C. A.; HOLLER, W. A.; DALCIO, J.; MARTINHO, P. R. R.; FOIS, N. S.; SANTOS, B. B. de O.; TOSCHI, H. H.; LISBOA, F. S. **Análise morfométrica de bacia hidrográfica:** subsídio à gestão territorial, estudo de caso no alto e médio Mamanguape. Campinas: Embrapa Gestão Territorial, 2012. 33 p.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 245 p.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ação antrópica 131, 139, 161, 165
Acompanhamento 1, 2, 3, 6, 14, 15, 70, 133, 291, 294, 295, 335, 391
Adensamento por gravidade 92, 93, 94, 95, 99, 100, 103, 104
Água clarificada 92, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 102, 103, 127, 128, 129, 182
Água pluvial 168, 172, 176, 247
Água salina 118, 119
Águas subterrâneas 50, 74, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 140, 386, 390
Água subterrânea 37, 383, 384, 390
Alagamento 168, 169, 170, 176, 177, 178, 179
Análise ambiental 141
Análise envoltória de dados 194, 196

B

Belém do Pará 29, 30, 31
Benchmarking métrico 194, 196
Blumenau 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167

C

Carbono orgânico total 92, 93, 94, 95, 97, 98, 100, 102, 365, 369, 370, 372, 373, 375
Coagulação 94, 98, 118, 119, 120, 121, 123, 127, 128, 129, 239, 363, 366, 369, 371, 372
Coliformes 74, 75, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 90, 131, 135, 136, 138, 139, 246, 252, 288
Contaminação 55, 74, 75, 76, 81, 83, 84, 87, 89, 111, 232, 333, 334, 359
Crise hídrica 51, 52, 53, 54, 58, 59, 60

D

Desaguamento por centrifugação 92, 93, 94, 96, 100, 101, 102, 103, 104
Disponibilidade hídrica subterrânea 37, 39, 46, 48

E

Eficiência de operadoras 194
Enchentes 141, 146, 147, 150, 151, 152, 156, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 179

F

Floculação 94, 118, 119, 120, 121, 123, 125, 127, 128, 129

G

Geopolímero 180, 181, 183, 192

Geoprocessamento 141, 143, 153, 259, 261, 266, 330, 331

Gestão da demanda 51, 52, 56

Gestão da oferta 51, 52, 55, 56

J

Jica 156, 163, 164, 165, 167

L

Lodo de ETA 180, 192, 193

M

Microfiltração 118, 120, 122, 127, 128, 129

O

Obras de saneamento 25, 29

Osmose inversa 105, 106, 107, 108, 109, 110, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 127, 128, 129

P

Parcerias público-privadas 61, 62, 65, 71, 72, 73

Parque Lagoas do Norte 131, 132, 134

Planejamento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 15, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 27, 30, 52, 53, 64, 73, 117, 133, 141, 143, 152, 154, 166, 167, 195, 236, 241, 256, 302, 303, 305, 310, 355, 356, 361, 391

Planejamento regional 141, 356

Plano municipal de saneamento básico 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13, 14, 17, 19, 20, 21, 27, 140

Potencial hídrico subterrâneo 37

PPP 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72

Projeção populacional 29, 30, 31, 33, 36

Projetos de saneamento 29, 31, 36

Q

Qualidade da água 76, 91, 103, 106, 118, 119, 120, 131, 133, 134, 135, 139, 140, 216, 264, 320, 327, 330, 335, 346, 349, 353, 355, 382, 383, 384, 387

R

Recursos hídricos 18, 20, 21, 25, 28, 37, 38, 41, 42, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 75, 106, 131, 132, 140, 141, 142, 152, 153, 162, 166, 167, 179, 181, 208, 218, 229, 254, 325, 327, 329, 330,

339, 340, 341, 350, 353, 355, 360, 361, 379, 382, 384, 385, 388, 389

Regulação 10, 19, 20, 22, 51, 59, 60, 63, 70, 72, 202, 313

Reserva ativa 37

Resíduos de ETA 92

Reúso 105, 106, 108, 111, 112, 116, 117, 218, 219, 220, 228, 229, 230, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389

Revisão 1, 2, 3, 5, 6, 10, 11, 12, 15, 27, 52, 54, 59, 60, 156, 162, 208, 311, 314, 362

S

Saneamento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 35, 36, 37, 38, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 69, 70, 71, 72, 131, 133, 135, 140, 168, 179, 198, 208, 218, 221, 244, 311, 313, 314, 318, 321, 322, 323, 328, 330, 339, 340, 341, 350, 351, 358, 380

T

Teto jardim 168, 169, 170, 171, 172, 173, 176, 177, 178, 179

Torre de resfriamento 105, 108, 111, 112, 113

U

Ultrafiltração 105, 109, 110, 113, 114, 116, 120, 359

Urbano 76, 134, 143, 158, 160, 165, 166, 167, 168, 169, 179, 181, 339, 341, 350, 351, 353, 356, 381, 391

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-694-2



9 788572 476942