



EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

DANIEL SANT'ANA
(ORGANIZADOR)



EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

DANIEL SANT'ANA
(ORGANIZADOR)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^a Dr^a Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^a Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^a Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^a Dr^a Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^a Dr^a Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^a Dr^a Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^a Dr^a Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Dr^a Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^a Dr^a Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^a Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^a Dr^a Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^a Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Evolução do conhecimento científico na engenharia ambiental e sanitária

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Emely Guarez
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Daniel Sant'Ana

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E93 Evolução do conhecimento científico na engenharia ambiental e sanitária / Organizador Daniel Sant'Ana. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5706-477-1
DOI 10.22533/at.ed.771202610

1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária. I. Sant'Ana, Daniel (Organizador). II. Título.

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A coleção *“Evolução do Conhecimento Científico na Engenharia Ambiental e Sanitária”* tem como objetivo disseminar o estado atual do conhecimento das diferentes áreas das ciências ambientais e sanitárias, apresentando a evolução do campo científico por meio de diferentes tipos de trabalhos que abordam os aspectos tecnológicos, políticos, econômicos, sociais e ambientais desta disciplina.

É de suma importância perceber que o constante crescimento populacional vem pressionando os recursos hídricos pela elevada demanda por água e poluição de corpos hídricos. Conseqüentemente, observa-se uma piora na qualidade da água e uma pressão nos sistemas de produção e distribuição de água potável.

Com isso em mente, os primeiros capítulos deste livro apresentam diferentes estudos que apresentam soluções capazes de otimizar os sistemas urbanos de abastecimento de água potável. Em seguida, os capítulos subsequentes abordam temas relacionados a modelagem e análise da qualidade de água de diferentes sistemas hídricos, indicando a necessidade de se investir em ações, projetos e políticas públicas voltadas a preservação ambiental e de recursos hídricos.

Políticas públicas e programas governamentais são instrumentos essenciais para preservação do meio ambiente, conservação de água e garantir saúde e bem-estar à sociedade. Como exemplo, os Planos de Preservação e Recuperação de Nascentes das Bacias Hidrográficas da Codevasf, apresentado no Capítulo 9.

Com o novo marco legal do saneamento básico (Lei nº 14.026/2020), não há como não demonstrar preocupação com o novo modelo de operação do setor de saneamento básico através de empresas públicas de capital aberto e de prestação direta por empresas privadas (Capítulo 10).

Com isso, torna-se crucial neste momento, o estabelecimento de parâmetros e indicadores para fiscalização do cumprimento das metas da universalização do saneamento básico. O Capítulo 11 apresenta proposições de mudança do SNIS para aumentar a qualidade e a confiabilidade dos dados registrados no novo sistema, o SINISA, uma ferramenta que poderá auxiliar nesta nova gestão do saneamento básico no Brasil.

Realmente, ainda há muito trabalho pela frente no que se diz respeito a universalização do saneamento básico no Brasil (Capítulo 12). Mesmo assim, podemos observar nos últimos capítulos que diferentes soluções para o tratamento de esgoto e de manejo de resíduos sólidos e do solo vêm sendo estudadas com o intuito de preservar o meio ambiente.

Este volume contou com a contribuição de pesquisadores de diferentes partes do país e da Espanha, trazendo, de forma interdisciplinar, um amplo espectro de trabalhos acadêmicos relativos à qualidade de água e preservação de recursos hídricos, abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto e manejo de resíduos sólidos e do solo. Por fim, desejo que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS HIDRÁULICOS EN BANCO DE ENSAYOS. APLICACIÓN EN SIMULACIÓN DE LLENADO-VACIADO DE CONDUCCIONES

Paloma Arrué Burillo

Antonio Manuel Romero Sedó

Jorge García-Serra García

Vicent B. Espert Alemany

Román Ponz Carcelén

DOI 10.22533/at.ed.7712026101

CAPÍTULO 2..... 15

DESARROLLO DE UN SOPORTE DIGITAL COMO BASE DE UN SISTEMA DE GESTIÓN INTELIGENTE DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

José Pérez-Padillo

Pilar Montesinos Barrios

Emilio Camacho Poyato

Juan Antonio Rodríguez Díaz

Jorge Pérez Lucena

Jorge García Morillo

DOI 10.22533/at.ed.7712026102

CAPÍTULO 3..... 28

COMPARAÇÃO ENTRE MIGHA E AG PARA A CALIBRAÇÃO DO FATOR DE ATRITO

Alessandro de Araújo Bezerra

Renata Shirley de Andrade Araújo

Marco Aurélio Holanda de Castro

DOI 10.22533/at.ed.7712026103

CAPÍTULO 4..... 37

CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO PARA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAVEIRAS

Lucas de Bona Sartor

Taciana Furtado Ribeiro

Camila Caroline Branco

Mariáh de Souza

Lais Sartori

Bruna da Silva

DOI 10.22533/at.ed.7712026104

CAPÍTULO 5..... 48

MODELAGEM DE QUALIDADE DA ÁGUA (MQUAL) APLICADA NO ESTUDO DE SISTEMAS HÍDRICOS DA AMAZÔNIA OCIDENTAL

Jesuéte Bezerra Pachêco

José Carlos Martins Brandão

Carlos Henke de Oliveira

Carlos Hiroo Saito

DOI 10.22533/at.ed.7712026105

CAPÍTULO 6..... 67

ANÁLISE LITOLÓGICA E HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA ITAQUI – BACANGA, SÃO LUÍS, MARANHÃO: EVIDÊNCIA DA INTRUSÃO MARINHA

Flávia Rebelo Mochel

Luís Alfredo Lopes Soares *in memoriam*

Paulo Roberto Saraiva Cavalcante

DOI 10.22533/at.ed.7712026106

CAPÍTULO 7..... 86

ANÁLISE FITOPLANCTÔNICA DA BARRAGEM DO RIO MARANGUAPINHO E ANÁLISE HIDROLÓGICA DA BACIA METROPOLITANA DE FORTALEZA, CEARÁ

Paloma Paiva Santiago

Laiane Maria Costa Lima

Leticia Soares Sousa

Marina Andrade Costa

Leticia Penha de Vasconcelos

DOI 10.22533/at.ed.7712026107

CAPÍTULO 8..... 94

ANÁLISE DA QUALIDADE HÍDRICA DA LAGOA MIRIM E DO CANAL SÃO GONÇALO

Vitoria Rovel da Silveira

Gabriel Borges dos Santos

Marlon Heitor Kunst Valentini

Henrique Sanchez Franz

Victória Huch Duarte

Larissa Aldrighi da Silva

Denise dos Santos Vieira

Beatriz Muller Vieira

Diuliana Leandro

Willian Cezar Nadaleti

Bruno Müller Vieira

DOI 10.22533/at.ed.7712026108

CAPÍTULO 9..... 106

PLANOS NASCENTES: PRESERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE NASCENTES DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS SÃO FRANCISCO, PARNAÍBA, ITAPECURU E MEARIM

Eduardo Jorge de Oliveira Motta

Camilo Cavalcante de Souza

Renan Loureiro Xavier Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.7712026109

CAPÍTULO 10..... 120

POLÍTICA DE SANEAMENTO BÁSICO NO CONTEXTO DO MARCO REGULATÓRIO EM SÃO LUÍS DO MARANHÃO, BRASIL

Marcos Antônio Silva do Nascimento

Antonio José de Araújo Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.77120261010

CAPÍTULO 11..... 135

SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL: DO SNIS AO SINISA

Marise Teles Condurú

José Almir Rodrigues Pereira

João Diego Alvarez Nylander

Rafaela Carvalho da Natividade

DOI 10.22533/at.ed.77120261011

CAPÍTULO 12..... 146

AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE CARÊNCIA HABITACIONAL NA ZONA NORTE DE NATAL, METRÓPOLE BRASILEIRA

Ruan Henrique Barros Figueredo

Vinícius Navarro Varela Tinoco

Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes

Brenno Dayano Azevedo da Silveira

Almir Mariano de Sousa Junior

DOI 10.22533/at.ed.77120261012

CAPÍTULO 13..... 155

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE EFLUENTES TRATADOS ATRAVÉS DE MODELO DE FOSSA SÉPTICA COM FILTRO BIOLÓGICO

José Vicente Duque dos Santos

Edson Barboza Pires

Yuri Sotero Bomfim Fraga

DOI 10.22533/at.ed.77120261013

CAPÍTULO 14..... 167

IMPACTO DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA GESTÃO E NA CONCEPÇÃO, PROJETOS, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS

Ana Ghislane Henriques Pereira van Elk

Maria Eugenia Gimenez Boscov

DOI 10.22533/at.ed.77120261014

CAPÍTULO 15..... 178

MONITORAMENTO E PREVISÃO DE RECALQUES A LONGO PRAZO USANDO MODELOS DE COMPRESSIBILIDADE: ESTUDO DE CASO

Ana Ghislane Henriques Pereira van Elk

Gabrielle Sthefanine Silva Azevedo

Leandro Rangel Corrêa

Elisabeth Ritter

DOI 10.22533/at.ed.77120261015

CAPÍTULO 16..... 189

UTILIZAÇÃO DE OZÔNIO COMBINADO COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO PARA O

TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO

Jandira Leichtweis

Siara Silvestri

Nicolý Welter

Mariana Islongo Canabarro

Keila Fernanda Hedlund Ferrari

Elvis Carissimi

DOI 10.22533/at.ed.77120261016

CAPÍTULO 17..... 199

COEFICIENTE DE DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA EM ÁREAS DE *EUCALYPTUS UROPHYLLA* E *EUCALYPTUS CITRIODORA*

Winkler José Pinto

André Batista de Negreiros

DOI 10.22533/at.ed.77120261017

SOBRE O ORGANIZADOR..... 213

ÍNDICE REMISSIVO..... 214

CAPÍTULO 4

CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO PARA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAVEIRAS

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 30/07/2020

Lucas de Bona Sartor

Universidade do Estado de Santa Catarina
Lages – SC
<http://lattes.cnpq.br/5304312296556887>

Taciana Furtado Ribeiro

Universidade do Estado de Santa Catarina
Lages – SC
<http://lattes.cnpq.br/1301820938866546>

Camila Caroline Branco

Universidade do Estado de Santa Catarina
Lages – SC
<http://lattes.cnpq.br/1998384787855415>

Mariáh de Souza

Universidade do Estado de Santa Catarina
Timbó – SC
<http://lattes.cnpq.br/5281758173069017>

Lais Sartori

Universidade do Estado de Santa Catarina
Joaçaba – SC
<http://lattes.cnpq.br/6792613125642350>

Bruna da Silva

Universidade do Estado de Santa Catarina
Bagé – RS
<http://lattes.cnpq.br/8432542800543154>

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo realizar a calibração e validação de um modelo hidrológico para uma sub-bacia hidrográfica do rio Caveiras, denominada no estudo como sistema Ponte Velha. O modelo hidrológico utilizado neste estudo foi o Hydrologic Modeling System (HMS) desenvolvido pelo Hydrologic Engineering Center (HEC). Os dados inseridos no modelo hidrológico correspondem ao período de grande intensidade pluviométrica nessa bacia hidrográfica. Os métodos empregados para o cálculo dos processos naturais da água no meio ambiente são divididos de acordo com as componentes do ciclo hidrológico. O Coeficiente de Eficiência de Nash-Sutcliffe (COE) foi utilizado para avaliar a eficiência do modelo durante o projeto. Na etapa de validação, foram adicionados dados de período alternativo, com intuito de confirmar a acurácia do modelo hidrológico para o sistema Ponte Velha. Após diversas tentativas manuais para melhorar o COE, tornando-o mais próximo de 1,00, chegou-se em um resultado de 0,777, o que evidencia uma boa confiabilidade dos dados simulados. Diante disso, a otimização automática aplicada melhorou o resultado, em um COE final de 0,911. A validação realizada para o evento alternativo resultou em um COE de 0,888. Assim, o modelo hidrológico obteve desempenho satisfatório na representação do sistema natural da sub-bacia hidrográfica sistema Ponte Velha, com isso, poderá ser utilizado como objeto de pesquisa e estudo no enfrentamento de cheias e inundações no sistema Ponte Velha, na bacia hidrográfica do rio Caveiras, como meio para tomada de decisão e gestão dos recursos hídricos.

PALAVRAS-CHAVE: Modelo Hidrológico, Calibração, Validação, Rio Caveiras.

CALIBRATION AND VALIDATION OF THE HYDROLOGICAL MODEL FOR THE HYDROGRAPHIC SUBBACIA OF RIO CAVEIRAS

ABSTRACT: The present work aims to perform the calibration and validation of a hydrological model for a sub-basin of the Caveiras River, named in the study as Ponte Velha system. The hydrological model used in this study was the Hydrologic Modeling System (HMS) developed by the Hydrologic Engineering Center (HEC). The data inserted in the hydrological model correspond to the period of great rainfall intensity in that hydrographic basin. The methods used to calculate the natural processes of water in the environment are divided according to the components of the hydrological cycle. The Nash-Sutcliffe Efficiency Coefficient (COE) was used to assess the efficiency of the model during the project. In the validation stage, data from the alternative period were added in order to confirm the accuracy of the hydrological model for the Ponte Velha system. After several manual attempts to improve the COE, bringing it closer to 1.00, a result of 0.777 was reached, which shows a good reliability of the simulated data. Therefore, the automatic optimization applied improved the result, with a final COE of 0.911. The validation performed for the alternative event resulted in a COE of 0.888. Thus, the hydrological model obtained satisfactory performance in the representation of the natural system of the Ponte Velha hydrographic sub-basin, thus, it can be used as an object of research and study in coping with floods and floods in the Ponte Velha system, in the river watershed. Skulls, as a means for decision making and management of water resources.

KEYWORDS: Hydrological Model, Calibration, Validation, Caveiras River.

1 | INTRODUÇÃO

Um modelo é a representação do comportamento de um sistema ou de uma realidade complexa (TUCCI, 1998), melhora o conhecimento acerca de um determinado aspecto e o seu contexto no mundo físico real, sendo muito útil para solucionar problemas que seriam onerosos em uma solução experimental ou muito complicados para tratamento analítico (PADILHA, 2017).

A utilização de modelos hidrológicos proporciona custos menores e economia de tempo para analisar os potenciais impactos das mudanças antrópicas no regime hídrico de bacias hidrográficas. Os modelos hidrológicos são ferramentas primordiais para avaliar, simular e prever os danos favorecidos por eventos de precipitação auxiliando no planejamento, no manejo e na tomada de decisões relacionadas aos recursos naturais, especialmente os hídricos, em uma bacia hidrográfica. Neste sentido são ferramentas fundamentais para se planejar o manejo conservacionista de microbacias hidrográficas (HOLLANDA et al., 2015).

A necessidade de simular o efeito das ações antrópicas em bacias hidrográficas tem estimulado o uso de modelos hidrológicos (SILVA; CHRISTOFARO, 2016). Neste sentido, destaca-se o Hydrologic Modeling System (HMS) ou sistema de modelagem hidrológica, desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE). Um sucessor do modelo HEC-1 do Centro de Engenharia Hidrológica (HEC), o HECHMS é

amplamente utilizado em análises de engenharia hidrológica para simular o processo chuva-vazão, podendo representar a resposta da bacia hidrográfica em um evento extremo (KNEBL et al., 2004).

De acordo com Padilha (2017), a calibração do modelo hidrológico utiliza dados hidrometeorológicos observados numa pesquisa sistemática de parâmetros que proporcionam o melhor ajuste dos resultados gerados ao escoamento observado, também denominada como otimização (USACE, 2000), tal procedimento busca valores de um ou mais parâmetros, proporcionando o melhor resultado para uma função destas variáveis.

Os modelos hidrológicos são calibrados com dados de um período de tempo e verificados com dados de outro período, processo este conhecido como validação (ANDRADE; MELLO; BESKOW et al., 2013). Segundo Arabi; Govindaraju; Hantush (2006), esta etapa de validação permite confirmar a acurácia do modelo visando à simulação de processos estacionários em bacias hidrográficas com monitoramento hidrológico. Assim, o presente trabalho tem como objetivo realizar a calibração e validação de um modelo hidrológico para uma sub-bacia hidrográfica do rio Caveiras.

2 I MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi aplicada à sub-bacia hidrográfica denominada no estudo como sistema Ponte Velha, inserida na bacia hidrográfica do rio Caveiras, localizada na região serrana do estado de Santa Catarina, Brasil, possui área de 2413,27 km², sendo a segunda maior sub-bacia da bacia hidrográfica do rio Canoas, ambas estabelecidas na região hidrográfica do rio Uruguai. A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo.

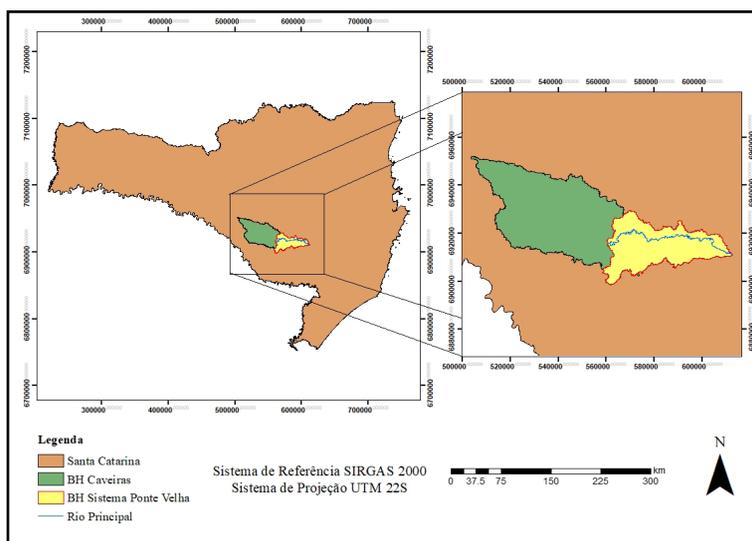


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

Fonte: Os autores (2020).

A modelagem hidrológica consiste em adotar um ou mais modelos científicos que representem os processos dinâmicos, presentes no subsistema em cascata da bacia hidrográfica. Estes modelos variam em termos de complexidade e de representatividade das fases do ciclo hidrológico da bacia. O modelo hidrológico utilizado neste estudo foi o Hydrologic Modeling System (HMS) desenvolvido pelo Hydrologic Engineering Center (HEC). Trata-se de um modelo de base física, semidistribuído projetado para simular os processos de precipitação-escoamento de sistemas de bacias dendríticas (USACE, 2016).

O modelo conceitual de uma bacia hidrográfica é um sistema representado a partir dos elementos hidrológicos. Os principais elementos deste sistema são: interbacias, os trechos de canais, as junções de canais, os reservatórios e o exutório do sistema modelado.

A construção do modelo conceitual a partir de subsistemas permite observar a contribuição em termos de vazão que se transfere do subsistema de montante para o de jusante, num processo em cascata até que a soma dos fluxos se concentre no exutório do sistema modelado. A Figura 2 representa o modelo conceitual do sistema Ponte Velha.

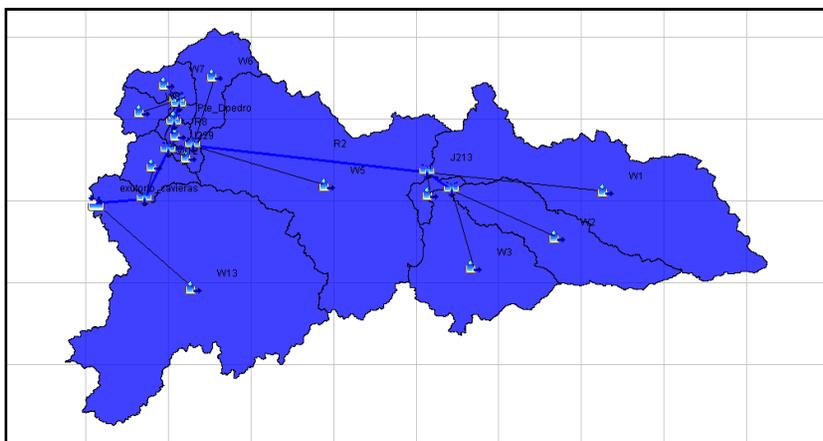


Figura 2 – Modelo conceitual sistema Ponte Velha.

Fonte: HEC-HMS 4.2.1 (2020).

Os dados inseridos no modelo hidrológico compreendem os dias de evento extremo, de 09 de setembro de 2004 a 07 de outubro de 2004. Esses dados correspondem ao período de grande intensidade pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Caveiras, o que resultou em eventos de inundações no município de Lages/SC.

Os dados fluviométricos foram obtidos a partir do banco de dados do Portal Hidroweb, ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) da estação fluviométrica Ponte Velha. Os dados pluviométricos foram obtidos através do banco de informações pluviométricas existentes no site da Agência Nacional de

Águas (ANA). As estações escolhidas para o estudo foram, Coxilha Rica, Lages, Painel e Vila Canoas o critério de escolha para essas estações foi à proximidade das mesmas com a zona de interesse.

Devido ao tamanho da sub-bacia e carência de pluviômetros distribuídos uniformemente pela área da hidrográfica, foi necessário a utilização do método de Thiessen para realizar a distribuição de chuva nas áreas de interesse do sistema (LIMA, 2008). O método possibilita obter-se a média ponderada das alturas de chuva obtidas nos diferentes pluviômetros, por meio do qual o fator de ponderação para o cálculo da média é a área de influência de cada aparelho, sendo essa, uma essência do método de Thiessen (RAGHUNATH, 2006). A Figura 3 representa o polígono de Thiessen para a sub-bacia hidrográfica do sistema Ponte Velha.

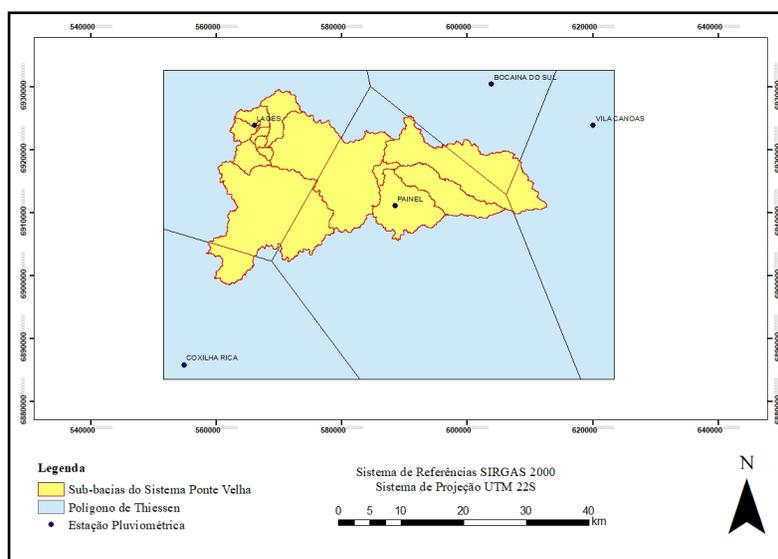


Figura 3 – Polígono de Thiessen para a área de interesse.

Fonte: Os autores (2020).

A evapotranspiração de referência (ET_o) é estimada pelo método de Penman-Monteith, o qual é recomendado pela Food and Agriculture Organization (FAO), através do boletim de Irrigação e Drenagem n° 56 (FAO-56), como sendo um método padrão para determinação da evapotranspiração de referência (Allen et al., 1998).

Os dados para realização dos cálculos provêm da estação meteorológica de Lages/SC, localizada nas coordenadas 27°48'55''S, 50°19'46''O. Esses foram obtidos por meio do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (EPAGRI-CIRAM).

Os métodos empregados para o cálculo dos processos naturais da água no meio ambiente são divididos de acordo com as componentes do ciclo hidrológico. Os métodos utilizados neste estudo foram o Loss Method - Curve Number (CN), que representa as perdas de precipitação por infiltração; o Transform Method - SCS Unit Hydrograph que representa a transformação da chuva em escoamento superficial; e o Baseflow Method - Exponential Recession, que define o limiar entre a contribuição do escoamento superficial e subterrâneo para manutenção da vazão no canal. Para os canais, o método utilizado foi o Routing Method - Muskingum Cunge, que considera a propagação do fluxo de água nos canais a partir de suas características (USACE, 2015c).

Os parâmetros de cada método foram calculados a partir de metodologias encontradas na literatura científica e com base nos dados disponíveis para a área de estudo como hidrogramas de vazão, modelos digitais de terreno, mapas de uso da terra e tipo de solo, dentre outros.

A calibração do modelo hidrológico foi feita inicialmente de forma manual com ajuste dos parâmetros dos métodos de cálculos do modelo hidrológico. Os parâmetros calculados a partir de metodologias consolidadas foram mantidos, enquanto os parâmetros empíricos foram variados de forma a obter o melhor resultado no processo inicial de calibração.

O Coeficiente de Eficiência de Nash-Sutcliffe (COE) foi utilizado para avaliar a eficiência do modelo durante o projeto de calibração manual, posteriormente seguido pela otimização automática dos parâmetros do modelo. O COE varia de infinito negativo a 1, sendo que o valor 1 representa a melhor eficiência em termos de comparação das vazões observadas e simuladas pelo modelo no ponto de controle. Após obter um COE satisfatório para a calibração manual, iniciou-se a otimização automática dos parâmetros com objetivo de melhorar o COE.

Na etapa de validação, foram adicionados dados referentes ao período de 08 de maio à 18 de junho de 2005, com intuito de confirmar a acurácia do modelo hidrológico para sub-bacia hidrográfica sistema Ponte Velha. Nesta etapa, os dados adicionados no modelo foram vazões, precipitação e ETP, sendo mantido os demais parâmetros utilizados anteriormente.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados do modelo hidrológico orientado por eventos extremos. A qualidade do ajuste dos resultados foi caracterizada pelo índice de eficiência de Nash-Sutcliffe (COE) o qual apresenta uma faixa de valores aceitáveis de 0,7 a 0,9.

O modelo conceitual do sistema Ponte Velha é composto por 13 interbacias, as quais são distribuídas devido a sua importância hidrológica e sua contribuição pluviométrica e fluviométrica. Essa segregação tem como objetivo representar de maneira mais eficaz às interferências no sistema de estudo.

Os parâmetros mais sensíveis a calibração manual e otimização automática para as interbacias do sistema Ponte Velha foram CN, Initial Discharge, Recession Constant, Threshold Flow, Coeficiente de Manning e Slope. A calibração manual aplicada aos parâmetros do modelo hidrológico, resultaram em variações significativas dos parâmetros CN, Recession Constant e coeficiente de Manning e Slope.

Após diversas tentativas manuais para melhorar o COE, tornando-o mais próximo de 1,00, chegou-se em um resultado de 0,777, o que evidencia uma boa confiabilidade dos dados simulados. Diante disso, a otimização automática aplicada melhorou o resultado, em um COE final de 0,911. O CN foi o único parâmetro que oscilou com maior sensibilidade, sendo que os demais mantiveram seus respectivos valores.

Diante disso, pode-se constatar que o modelo hidrológico simulado está bem próximo ao observado, pois a confiabilidade desse pôde ser comprovada pelo alto valor do COE de 0,911. Os parâmetros finais determinados para cada método de cálculo podem ser observados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Sub-bacia	<i>Loss Method</i>		<i>Transform Method</i>		<i>Baseflow Method</i>		
	<i>Curver Number</i>		<i>SCS Unit Hydrograph</i>		<i>Exponential Recession</i>		
	CN	<i>Impervious</i>	<i>Concentration Time</i>	<i>Lag Time</i>	<i>Initial Discharge</i>	<i>Recession Constant</i>	<i>Threshold Flow</i>
	-	(%)	(h)	(min)	(m ³ /s/Km ²)	-	(m ³ /s)
W1	90,00	4,10	1,94	69,80	0,009	0,2	18,12
W2	54,62	4,51	3,07	110,37	0,009	0,2	7,08
W3	62,61	4,84	5,73	206,36	0,009	0,2	7,36
W4	36,25	3,91	1,46	52,60	0,009	0,2	16,14
W5	60,13	4,45	3,88	139,73	0,009	0,2	42,55
W6	67,76	21,64	6,43	231,52	0,009	0,2	2,83
W7	68,04	31,04	4,65	167,33	0,009	0,2	3,11
W8	68,04	31,04	4,65	167,33	0,009	0,2	3,11
W9	68,04	31,04	4,65	167,33	0,009	0,2	3,11
W10	68,04	31,04	4,65	167,33	0,009	0,2	3,11
W11	42,00	10,12	9,47	340,88	0,009	0,2	79,00
W12	63,06	13,91	6,55	235,72	0,009	0,2	87,64
W13	50,76	18,27	7,06	254,14	0,009	0,2	31,38

Tabela 1 – Parâmetros e métodos do modelo hidrológico aplicado as interbacias.

Fonte: Os autores (2020).

Routing Method – Muskingum Cunge					
Canal	Length	Slope	Coeficiente de Manning	Width	Side Slope
	(m)	(m/m)	-	(m)	-
R1	4187,95	0,01066	1,0	14,18	13,5
R2	4102,89	0,00123	1,0	21,88	13,5
R4	14656,16	0,00488	1,0	22,02	13,5
R5	4876,30	0,00042	1,0	5,52	13,5
R6	415,06	0,00020	1,0	5,52	13,5
R7	1670,90	0,00157	1,0	10,40	13,5
R8	2444,60	0,00265	1,0	24,15	13,5
R9	7597,80	0,00031	1,0	32,18	13,5
R10	3286,66	0,00042	1,0	4,02	13,5

Tabela 2 – Parâmetros e métodos do modelo hidrológico aplicado aos canais.

Fonte: Os autores (2020).

A Figura 4 apresenta o hidrograma do sistema Ponte Velha, com relação as vazões observadas (linha traço-ponto) e simuladas (linha retilínea).

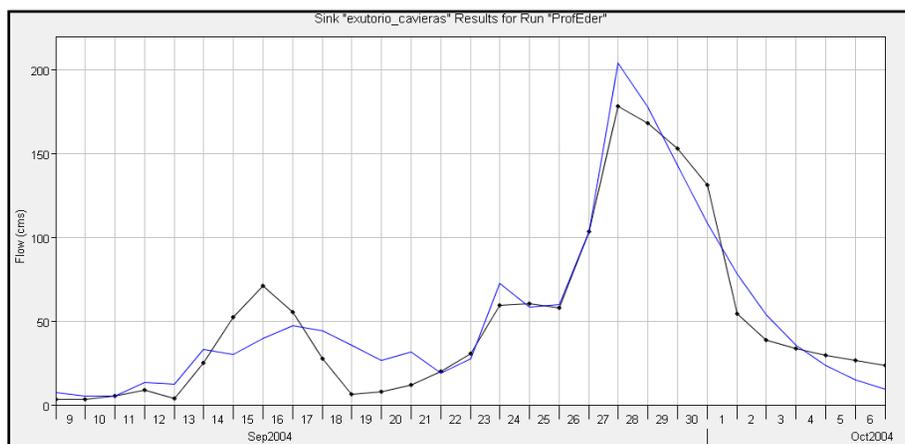


Figura 4 – Hidrograma do sistema Ponte Velha com vazões observadas e simuladas.

Fonte: HEC-HMS 4.2.1 (2020).

A validação realizada para o evento de 08 de maio à 18 de junho de 2005 resultou em um COE de 0,888. Com isso, comprova-se que o modelo hidrológico é eficaz para simulação de cenários de eventos extremos, sendo que o hidrograma simulado atingiu

valores próximos ao observado. A Figura 5 apresenta o hidrograma observado (linha traço-ponto) e simulado (linha retilínea) para o evento validado.

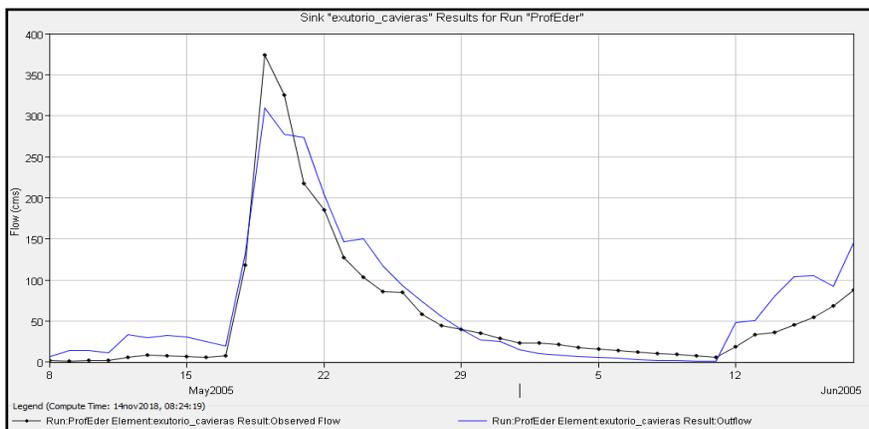


Figura 5 – Hidrograma observado e simulado do sistema Ponte Velha para o evento de validação.

Fonte: HEC-HMS 4.2.1 (2020).

4 | CONCLUSÕES

O modelo hidrológico obteve desempenho satisfatório na representação do sistema natural da sub-bacia hidrográfica sistema Ponte Velha. A partir disso, pôde-se gerar hidrogramas nos principais pontos de controle do sistema de maneira a entender o comportamento hidrológico da área. Os valores dos parâmetros foram estimados empiricamente, através do valor do COE, os quais podem ser melhorados a partir de estudos do uso e ocupação do solo da região.

O parâmetro CN influencia fortemente na estimativa da vazão de pico, junto à constante de recessão, relacionada com a contribuição antecedente aos cursos d'água da sub-bacia de estudo. Esses foram os parâmetros que melhor representaram os processos hidrológicos no sistema Ponte Velha.

Assim, o modelo hidrológico calibrado e validado poderá ser utilizado como objeto de pesquisa e estudo no enfrentamento de cheias e inundações no sistema Ponte Velha, na bacia hidrográfica do rio Caveiras, como meio para tomada de decisão e gestão dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines of computing crop water requirements**. FAO. Irrigation and Drainage, Paper, 56, Roma, p.300, 1998.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Monitoramento**. Disponível em:< <https://www.ana.gov.br/monitoramento>>. Acesso em: 03 fev. 2020.

ANDRADE, M. A.; MELLO, C. R.; BESKOW, S. **Simulação hidrológica em uma bacia hidrográfica representativa dos Latossolos na região Alto Rio Grande, MG**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, [s.l.], v. 17, n. 1, p.69-76, jan. 2013. FapUNIFESP (SciELO).

ARABI, M.; GOVINDARAJU, R. S.; HANTUSH, M. M. **A probabilistic approach for analysis of uncertainty in the evaluation of watershed management practices**. Journal of Hydrology, v.333, p.459-471, 2006.

EPAGRI/CIRAM - Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia de Santa Catarina. **Solicitação de Laudos e Dados**. Disponível em:< <http://ciram.epagri.sc.gov.br/>>. Acesso em: 05 fev. 2020.

HOLLANDA, M. P. et al. **Avaliação do TOPMODEL na estimativa do escoamento superficial em microbacia hidrográfica em diferentes usos**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, [s.l.], v. 19, n. 5, p.489-496, maio 2015. FapUNIFESP (SciELO).

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Meteorológicos**. Disponível em:< <https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 05 fev. 2020.

KNEBL, M. R. et al. **Regional scale flood modeling using NEXRAD rainfall, GIS, and HEC-HMS/RAS: a case study for the San Antonio River Basin Summer 2002 storm event**. Journal of Environmental Management, v. 75, p. 325-336, 2004.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ, 2008. 253 p.

PADILHA, V. L. **Modelagem hidrológica orientada por eventos de inundação em Lages/SC**. 2017. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

RAGHUNATH, H. M. **Hydrology: principles, analysis and design**. 2. ed. New Delhi: New Age International, 2006. 476p.

SILVA, N. D. M.; CHRISTOFARO, C. **Calibração do modelo hidrológico SWAT para estimativa da vazão em sub-bacia hidrográfica do Rio Jequitinhonha**. 2016. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/313870566_Calibracao_do_modelo_hidrologico_SWAT_para_estimativa_da_vazao_em_subbacia_hidrografica_do_Rio_Jequitinhonha>. Acesso em: 26 fev. 2020.

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS. **Portal HidroWeb**. Disponível em:< <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>>. Acesso em: 03 fev. 2020.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 1998.

USACE - U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. **Hydrologic Modeling System HEC-HMS: Technical Reference Manual**. Davis: US Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center, 2000. 148p.

USACE - U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. **Hydrologic Modeling System HEC-GeoHMS: User Manual, version 10.1**. Davis: US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, 2013. 193p.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento de Água 29, 36, 68, 69, 83, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 131, 132, 136, 138, 139, 142, 146, 147, 149, 151, 153, 156

Água Subterrânea 67, 70, 83

Algoritmo Genético 30, 36

Amazônia 48, 52, 54, 56, 59, 61, 63, 64, 65, 66

Aplicaciones para Dispositivos Móviles 15

Área de Recarga Hídrica 106, 115

Aterros Sanitários 167, 168, 171, 172, 173, 174, 175, 189, 190

B

Barragem 68, 69, 71, 86, 88, 89

C

Compressibilidade 173, 178, 179, 181, 185, 186, 188

CONAMA 68, 95, 96, 98, 100, 101, 102, 103, 158, 162, 163, 166, 169, 194, 197

Conservação de Recursos Hídricos 106

Contenção de Processos Erosivos 106

E

Efluentes 95, 98, 101, 102, 103, 112, 155, 157, 158, 159, 162, 163, 164, 165, 166, 194, 197

F

Fator de Atrito 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35

Filtro Biológico 155, 157

Fitoplâncton 86, 88, 89, 90, 91

Fossa Séptica 149, 155, 157, 160, 166

G

Gestão da Informação 135, 136, 137, 140, 145

H

Hidroquímica 67, 78, 85, 103

I

Intrusão Marinha 67, 77, 83

L

Litologia 67, 71, 77

Lixiviado de Aterro Sanitário 189

M

Manejo e Uso Adequado do Solo 106

Marco Regulatório 120, 121, 122, 126, 128, 130, 131, 132

Método Iterativo do Gradiente Hidráulico Alternativo 28, 30, 35

Modelación Hidráulica 15

Modelagem de Qualidade da Água 48

Modelo Hidrológico 37, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46

Modelos de Previsão 173, 178, 179, 185, 186

P

Planejamento Urbano e Regional 146, 149, 154

Política de Saneamento 120, 121, 127, 141

Política Nacional de Resíduos Sólidos 167, 168, 175, 176

Poluente Recalcitrante 189

Poluição 49, 50, 83, 84, 94, 95, 96, 102, 125

Preservação de Nascentes e de Áreas Permanentes 106

Processos de Oxidação Avançada 189, 190

Processos Ecosistêmicos 199

Q

Qualidade 29, 42, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 56, 63, 64, 66, 68, 69, 75, 83, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 117, 122, 124, 127, 135, 136, 137, 139, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 149, 150, 151, 153, 154, 156, 159, 166, 171, 190, 199, 200, 201, 204, 206, 207, 210

R

Recalque 173, 176, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 186

Recursos Hídricos 16, 28, 36, 37, 40, 45, 46, 66, 85, 87, 88, 94, 95, 96, 103, 106, 108, 109, 117, 118, 142, 181

Resíduos Sólidos Urbanos 122, 139, 167, 168, 171, 175, 176, 177, 178, 180, 181, 187, 188, 190, 198

S

Saneamento Básico 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 150, 154, 156, 166, 169

Sedimentos 48, 51, 52, 54, 55, 57, 59, 61, 63, 64, 70, 75, 76, 86, 89, 90, 91, 112, 113, 115, 116

Sistemas de Informação Geográfica 15, 16

T

Tratamento 38, 94, 95, 98, 102, 105, 121, 125, 129, 130, 133, 139, 147, 153, 155, 156, 157, 158, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 168, 171, 174, 189, 190, 191, 193, 196, 198

V

Válvula 1, 3, 6, 7, 8, 12, 17

Ventosa y Modelo de Simulación 1

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA
