



# 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto: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**

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

Data de aceite: 01/10/2020

**Eduardo Jorge de Oliveira Motta**

Codevasf

**Camilo Cavalcante de Souza**

Codevasf

**Renan Loureiro Xavier Nascimento**

Codevasf

**RESUMO:** Os Planos de Preservação e Recuperação de Nascentes das Bacias Hidrográficas dos rios São Francisco, Parnaíba, Itapecuru e Mearim, são propostas da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf), direcionadas à preservação e conservação hidroambiental, por meio da realização de intervenções mecânicas no solo, edáficas e vegetativas voltadas à conservação das áreas de recargas hídricas e ao uso sustentável da água e do solo, tendo como foco a preservação e a recuperação de nascentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Preservação de nascentes e de áreas permanentes, conservação de recursos hídricos, área de recarga hídrica, contenção de processos erosivos, manejo e uso adequado do solo.

RISING PLANS: PRESERVATION AND RECOVERY OF RISKS FROM HYDROGRAPHIC BASINS OF THE SÃO FRANCISCO, PARNAÍBA, ITAPECURU AND MEARIM RIVERS

**ABSTRACT:** The Plans for the Preservation and Restoration of Springs of the Hydrographic Basins of the São Francisco, Parnaíba, Itapecuru and Mearim rivers are proposals and methods of the Development Company of the São Francisco and Parnaíba Valleys (Codevasf), aimed at the preservation and hydroenvironmental conservation, through the carrying out of physical interventions that are indispensable for the vegetation restoration of Permanent Preservation Areas (APPs), the conservation of water recharge areas and the sustainable use of water and soil, with a focus on the preservation and recovery of springs.

**KEYWORDS:** Preservation of springs and permanent areas, conservation of water resources, water recharge area, containment of erosion processes, management and proper use of the soil.

### 1 | INTRODUÇÃO

Embora caracterizada como um bem imprescindível à vida, grande parte da humanidade vem fazendo uso da água e do solo de forma inadequada, praticando hábitos de consumo caracterizados pelo desperdício, provocando a degradação ambiental de corpos de água e das áreas de recarga hídrica, comprometendo a disponibilidade desse

recurso. Como resultado se verifica a perda da capacidade de armazenamento de água no solo e nos corpos hídricos, afetando, conseqüentemente, a qualidade e quantidade da água disponível. Estudos diversos sugerem uma acelerada e preocupante degradação dos mananciais em todo o mundo e defendem a necessidade urgente de mudança na forma como é utilizado esse recurso natural. No Brasil tal afirmativa é ilustrada quando nos deparamos com os baixos níveis de oferta de água vivenciados por grande parte da população, que decorrem da associação, perigosa e retroalimentada, entre os frequentes e cada vez mais duradouros períodos de estiagem e a degradação do meio natural (MOTTA & WANDELEY, 2016a).

Dessa forma, a proteção das nascentes preservadas e a recuperação daquelas degradadas, associadas à promoção do uso sustentável de suas águas, integram um conjunto de ações que devem ser priorizadas como fundamentais para a garantia da segurança hídrica na bacia hidrográfica. As nascentes são fontes importantes de água dentro de uma bacia hidrográfica, pois originam os cursos d'água e, quando bem conservadas, alimentam os rios de forma abundante e contínua, sendo fundamentais para a manutenção desses em períodos de estiagem. Além disso, por vezes, constituem a principal fonte de água em algumas propriedades rurais. São áreas especiais e de extrema importância para a manutenção da “saúde” da bacia hidrográfica (MOTTA & WANDELEY, 2016b).

Dentro deste contexto, segue uma caracterização mínima das caracterizações das bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Parnaíba, Itapecuru e Mearim, as quais são objeto de estudo deste trabalho, a saber:

### **Rio São Francisco**

A bacia hidrográfica do rio São Francisco possui 639.219 km<sup>2</sup> de área de drenagem, abrangendo 521 municípios em sete unidades da Federação – Bahia (48,2%), Minas Gerais (36,8%), Pernambuco (10,9%), Alagoas (2,2%), Sergipe (1,2%), Goiás (0,5%), e Distrito Federal (0,2%) (ANA, 2014).

O rio tem sua nascente histórica na Serra da Canastra, em Minas Gerais, escoando no sentido sul – norte pela Bahia e Pernambuco, quando altera seu curso para leste, chegando ao Oceano Atlântico na divisa entre Alagoas e Sergipe, percorrendo 2.700 km (CBHSF, 2014). Sua vazão média na foz é de 2.850 m<sup>3</sup>/s.

Mais de 16 milhões de pessoas, o equivalente a cerca de 8% da população do País, habitam a bacia, sendo a população urbana correspondente a 77% desse total e, a maior parte desta, está localizada na região metropolitana de Belo Horizonte.

### **Rio Parnaíba**

A bacia hidrográfica do rio Parnaíba encontra-se integralmente inserida na Região Nordeste do Brasil, estendendo-se pelos estados do Maranhão, Piauí e Ceará (Figura 1). Segundo a Agência Nacional de Águas – ANA (2015), ela abrange 279 municípios, totalizando 333.056 km<sup>2</sup> de superfície, o equivalente a cerca de 4% do território nacional.



O rio Parnaíba tem sua nascente localizada nos contrafortes da chapada das Mangabeiras, sul do Piauí e sudeste do Maranhão, a qual abriga o Parque Nacional das Nascentes do rio Parnaíba, criado pelo Decreto Federal s/n de 16 de julho de 2002 com 729.814 hectares e que compreende porções de terras dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia.

A respeito dos recursos hídricos superficiais da bacia, conforme estudo realizado pela ANA (2005), a disponibilidade hídrica da baía do rio Parnaíba (considerando a vazão regularizada pelos reservatórios da região) é de 379 m<sup>3</sup>/s; e a vazão média da região hidrográfica é de 767 m<sup>3</sup>/s.

### **Rio Itapecuru**

O rio Itapecuru é genuinamente maranhense, corta o estado de sul para o norte em forma de arco, e sua bacia compreende uma extensa área na região central do Maranhão (PORTO; MOTTA; SOUZA, 2019a).

Com extensão de 897,24 km o rio Itapecuru nasce no Parque Estadual do Mirador na confluência das serras Cruzeiras, Confusão, Itapecuru e Alpercatas, e se estende até sua foz na baía de São Marcos, ao sul da Ilha de São Luís (Codevasf, 2017). Desemboca no oceano Atlântico por meio de dois braços de rios denominados de Tuchá e Mojó (PORTO; MOTTA; SOUZA, 2019a).

A bacia hidrográfica do rio Itapecuru, com uma área de cerca de 52.540,06 km<sup>2</sup>, apresenta um formato irregular, estreita nas cabeceiras e na desembocadura, e larga na parte central onde atinge aproximadamente 120 km. Corresponde a 16% do território do Maranhão e compreende 55 municípios, sendo que 20 estão totalmente inseridos no vale, e os demais 35 situam-se parcialmente na bacia. Quanto à população residente nessa região, estimada em 2017 pelo IBGE, era de 1.695.964 habitantes (PORTO; MOTTA; SOUZA, 2019a).

### **Rio Mearim**

O rio Mearim, genuinamente maranhense, corta o estado do Maranhão de sul para o norte e sua bacia compreende uma extensa área na região central, representando a maior bacia hidrográfica do estado (PORTO; MOTTA; SOUZA, 2019b).

Com 742 km de extensão, o rio Mearim nasce no município de Formosa da Serra Negra nas encostas da Serra da Menina, em altitude de aproximadamente 460 m. Segue um longo trajeto na direção sudoeste-nordeste até a cidade de Esperantinópolis, onde, após receber as contribuições do rio Flores, direciona-se para o norte, indo desaguar no Oceano Atlântico pela baía de São Marcos entre as cidades de São Luís e Alcântara (PORTO; MOTTA; SOUZA, 2019b).

A bacia hidrográfica do Mearim, com uma área de 98.289,05 km<sup>2</sup>, é a maior bacia em área do Maranhão ocupando 29,6% da área total do estado (UEMA, 2016). Compreende 84 municípios, sendo que 50 estão totalmente inseridos no vale, e os demais se situam

parcialmente na bacia. Sua população estimada em 2017, pelo IBGE, era de 2.257.268 habitantes (PORTO; MOTTA; SOUZA, 2019b).

## 2 | OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é apresentar os Planos Nascentes como sendo mais um instrumento técnico de planejamento que possa contribuir com a revitalização hidroambiental das bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Parnaíba, Itapecuru e Mearim a partir da conservação de água, solo e recursos florestais. As áreas de recargas hídricas de nascentes, são as áreas prioritárias dos Planos e o grande objetivo é conservar água, solo e recursos florestais a fim de garantir a segurança hídrica dessas bacias e garantir aos diferentes usos múltiplos dos recursos hídricos previsto na política nacional de recursos hídricos.

## 3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os Planos Nascentes São Francisco, Parnaíba, Itapecuru e Mearim foram elaborados pela Codevasf, a partir da formação de Grupos de Trabalhos, cujas atividades realizadas para conclusão dos planos foram:: i) levantamento e estudo de dados bibliográficos secundários nas esferas federal, estadual e municipal; ii) levantamentos expeditos às bacias visando registros *in loco*, por meio de fotografias, dados geoespaciais, caracterização da situação de uso do solo e a forma de ocupação das bacias hidrográficas, com foco nas nascentes e suas respectivas áreas de recargas hídricas; e iii) edição de mapas temáticos na escala 1:100.000, referentes as seguintes características: divisões fisiográficas, identificação de nascentes, hidrogeologia, clima, solos, biomas, fitofisionomias, áreas prioritárias para conservação, dentre outros (MOTTA; SOUZA; NASCIMENTO, 2019).

Tendo em vista a impreterível necessidade de atuação concreta do poder público e da sociedade de modo geral objetivando a revitalização das bacias hidrográficas, os Planos Nascentes surgem em um momento oportuno. Ainda que os resultados desse tipo de ação só sejam sentidos em médio e longo prazo, os Planos representam um passo na direção da sustentabilidade no uso dos recursos hídricos e da mudança na forma de utilização dos recursos naturais de modo geral, questões vistas cada vez com maior clareza pela sociedade brasileira.

Trazem como uma de suas premissas a ideia de integrar os governos - federal, estaduais e municipais - a iniciativa privada, organizações não governamentais e, principalmente, a sociedade das bacias da área de atuação da Codevasf, com o objetivo comum de preservação e recuperação de suas nascentes, propondo uma atuação colaborativa e em sinergia para a consecução de suas metas.

Um dos aspectos mais importantes na execução dos Planos é, sem dúvida, a participação social. A experiência da Codevasf na execução das ações de recuperação

hidroambiental nos últimos anos (2010 – 2019) permite afirmar que, independente da necessidade e importância das ações voltadas à preservação e recuperação dos recursos naturais, não há como ter sucesso se não houver interesse, envolvimento, participação e empoderamento tanto dos beneficiários (proprietários das áreas) como da população afetada positivamente pela execução dos projetos.

O desafio, então, reside no desenvolvimento de uma metodologia capaz de unir ao método técnico-executivo proposto, à efetiva participação social. Nesse contexto, a estrutura orgânica proposta inclui as figuras dos Comitês Gestores Municipais (CGMs) e, quando operacionalmente viável, das Comissões Comunitárias (CCs), os quais têm como principal objetivo promover a ligação direta e participativa, entre o poder público e a sociedade, de forma a promover o entendimento e a colaboração desta última na implementação dos Planos.

#### **4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os Planos Nascentes São Francisco, Parnaíba, Itapecuru e Mearim publicados pela Codevasf são instrumentos de planejamento e de gestão participativa para ações de recuperação hidroambiental necessárias ao desenvolvimento regional sustentável (FIGURA 1). Tais documentos apresentam as principais fundamentações técnicas utilizadas pela Companhia para recuperação hidroambiental e controle de processos erosivos com foco na conservação de nascentes. Nos planos estão previstos, respectivamente, a recuperação e/ou proteção de 10 mil; 4 mil; 1,4 mil e 2,5 mil nascentes, metas avaliadas com base em geoinformação secundária e levantamentos de campo. Os respectivos Planos Nascentes estão disponíveis para download no endereço eletrônico: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-n-egocio/revitalizacao/planos-nascentes>

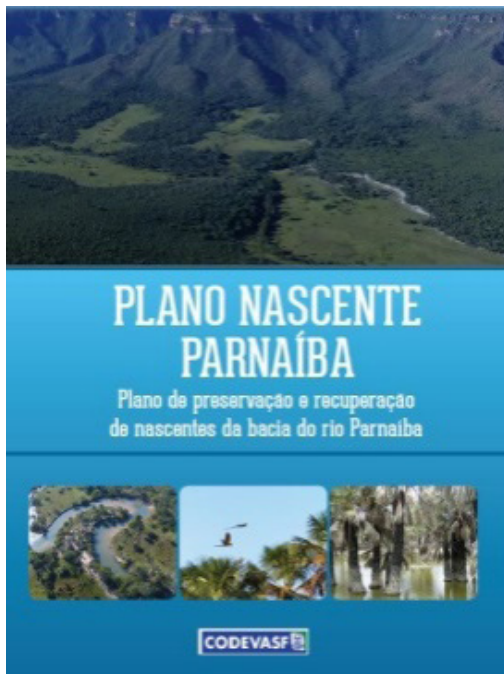


Figura 1 – Planos Nascentes São Francisco, Parnaíba, Itapecuru e Mearim.

A implementação dos Planos Nascentes da Codevasf nas áreas tidas como prioritárias, tem como principal objetivo aumentar a quantidade de água ofertada por estas às calhas dos respectivos rios, visto que as ações a serem executadas objetivam proporcionar o aumento da infiltração da água no solo e, conseqüentemente, do abastecimento das nascentes e dos tributários pelo lençol freático, possibilitando a elevação dos volumes de água que chegam aos rios. Por conseguinte, espera-se a redução dos sedimentos produzidos pelas sub-bacias que formam essas bacias hidrográficas.

Apesar de toda sua importância, as bacias inseridas nos citados Planos Nascentes vêm sofrendo acelerado e contínuo processo de degradação ambiental. O assoreamento dos rios e de seus tributários, a contaminação de suas águas por efluentes, a exacerbada expansão do uso de suas águas e a ocorrência de longos períodos de estiagem são problemas reais e atuais, que têm afetado a saúde das bacias.

Por exemplo, estudo realizado pela Codevasf em parceria com o United States Army Corp of Engineers (Usace), em 2014, indica que são carregados cerca de 22 milhões de toneladas de sedimentos, anualmente, para o leito do rio São Francisco (FIGURA 2), o que representa uma grave ameaça para a captação de água para abastecimento de cidades e projetos de irrigação, geração de energia elétrica, comprometimento da atividade de navegação, redução da vida útil de reservatórios, entre outras conseqüências negativas.

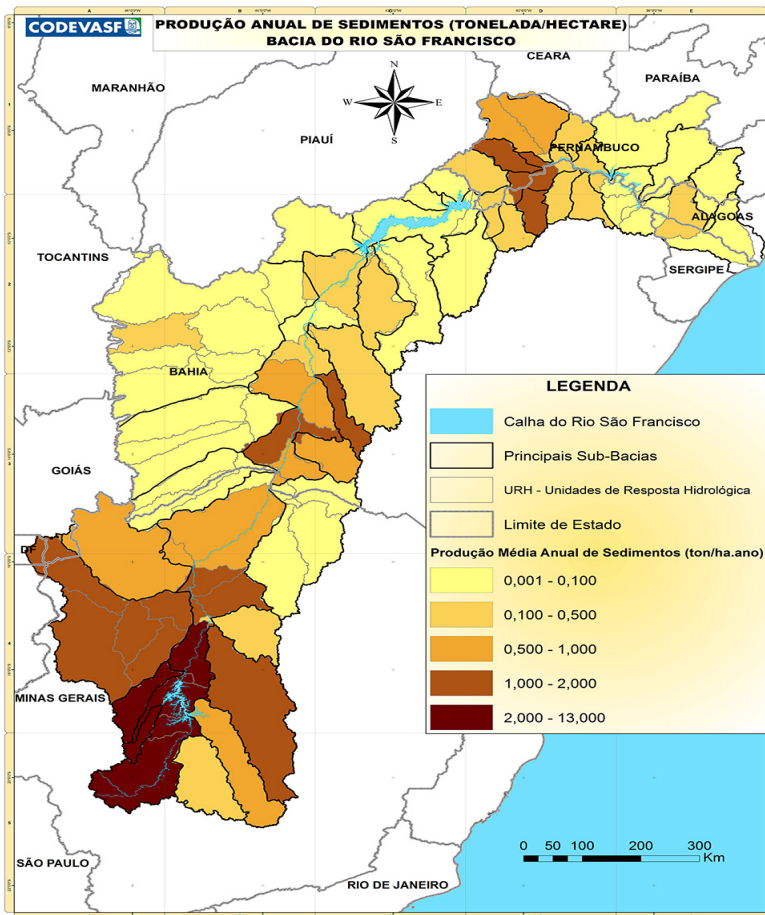


Figura 2 – Escala cromática da produção anual de sedimentos na bacia do São Francisco  
Mapa elaborado visando identificar o aporte potencial de sedimentos na calha do rio São Francisco com o respectivo impacto à navegação.

Dai et al. (2009) analisaram dados coletados entre os anos de 1948 e 2004 dos 925 maiores rios do planeta, e verificaram que a bacia do rio São Francisco foi a que apresentou o maior declínio no fluxo de suas águas entre os principais rios que correm em território brasileiro, reduzindo em cerca de 35% a sua vazão no período de 56 anos. De acordo com os pesquisadores, a redução de vazão foi observada em um terço dos rios analisados, estando essa variação relacionada, principalmente, à redução da quantidade de chuvas e ao aumento da evaporação, ocasionados por fenômenos climáticos globais, ao assoreamento do leito dos rios, bem como ao crescimento do consumo de água nessas bacias.

Portanto, as ações de recuperação e controle de processos erosivos visam promover a revitalização de bacias hidrográficas por meio de proteção, preservação, conservação

e recuperação hidroambiental, a partir do estímulo ao uso sustentável dos recursos naturais, sobretudo, solo, água e recursos florestais, associado à melhoria das condições socioeconômicas das populações das bacias de atuação da Empresa.

Esse tipo de ação consiste essencialmente em intervenções voltadas ao estabelecimento do manejo adequado de solo e água nas propriedades rurais visando à redução da perda de solo, à recuperação de áreas degradadas, à conservação/preservação dos recursos naturais de modo geral, e à aplicação da legislação florestal, incluindo-se por consequência, a preservação e conservação de nascentes. São exemplos dessas intervenções:

- Construção de terraços, associados ou não a bacias de captação;
- Construção de bacias de captação da água da chuva;
- Adequação ambiental de estradas rurais;
- Conservação e/ou recuperação, por meio de revegetação e cercamento, de Áreas de Preservação Permanente (matas ciliares, áreas de topo de morro, entorno de nascentes), áreas de reserva legal, dentre outras áreas de vegetação nativa;
- Contenção/estabilização de voçorocas;
- Estabilização de margens de rios;
- Ações de sensibilização e mobilização social, educação ambiental e capacitação.

Para este trabalho, segue uma pequena descrição das principais práticas mecânicas (terraço, barraginha e readequação de estradas) que tem demonstrado resultados promissores para a recarga hídrica do solo principalmente na região do Alto São Francisco, onde encontra-se a “caixa d’água da bacia”. Estas práticas têm contribuído com a recarga hídrica do solo e aumento de água em nascentes e podem ser replicados para outras áreas com condições semelhantes às do Alto São Francisco. As demais ações de controle de processos erosivos estão descritas nos referidos planos.

O terraço consiste em uma estrutura transversal ao sentido do maior declive do terreno, composta de um dique e um canal e tem a finalidade de reter e infiltrar a água da chuva, nos terraços em nível, ou escoá-la lentamente para áreas adjacentes, nos terraços em desnível ou com gradiente. A função do terraço é a de reduzir o comprimento da rampa, área contínua por onde há escoamento das águas das chuvas, e, com isso, diminuir a velocidade de escoamento da água superficial (FIGURA 3 A e B).



Figura 3 A e B - Terraceamento em área de recarga hídrica.

Fonte: CODEVASF, 2017.

As barraginhas são importantes formas de retenção e promoção da infiltração das águas das enxurradas. Com a precipitação da chuva, essas bacias se enchem com as enxurradas, evitando que a água escorra rapidamente e provoque erosões, armazenando-a durante curto período e promovendo uma infiltração lenta. Ao cessar a chuva, a água que fica retida penetra no solo, abastece o lençol freático e as nascentes a jusante, e proporciona umidade ao solo por um período que ultrapassa a estação chuvosa.

Essas estruturas podem ser construídas de forma associada com terraços, na extremidade destes, ou também associadas a estradas rurais, como parte de sua adequação ambiental (Figura 4 A e B).



Figura 4 A e B - Obra de construção de bacias para captação (barraginhas) de água de chuvas e de sedimentos.

Fonte: CODEVASF, 2017.



A adequação de estradas rurais ambientalmente adequadas (FIGURA 5), com foco na recuperação de nascentes, envolve um conjunto de práticas com a finalidade de recuperação, manutenção e conservação das estradas de terra que têm interferência direta sobre o escoamento superficial e a ocorrência de processos erosivos em áreas de recarga de nascentes e em áreas utilizadas para agricultura, pecuária, silvicultura, dentre outros, dentro da propriedade rural.

Essa ação objetiva evitar a erosão do solo, a degradação do meio ambiente, o carreamento de terra para os cursos d'água e disciplinar as enxurradas provocadas pelas águas das chuvas, visto que as estradas são, normalmente, caminhos preferenciais das águas das chuvas e grandes desencadeadoras de processos erosivos graves.



Figura 5 - Adequação de estrada rural associada à bacia de captação de enxurrada.

Fonte: Codevasf, 2017.

Uma das principais finalidades dessas intervenções acima descritas é captar e acumular águas das chuvas aumentando assim sua infiltração no solo e promovendo o abastecimento dos lençóis freáticos e artesianos. As ações também ajudam a reduzir o escoamento superficial de água, o que evita o arraste de sedimentos, o empobrecimento do solo e o assoreamento dos cursos d'água.

## 51 CONCLUSÃO

Os Planos Nascentes são instrumentos de planejamento estratégico da Codevasf que apresentam diretrizes para a proteção e recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APPs), vinculadas às nascentes de bacias hidrográficas, tendo como finalidade o cumprimento da Lei nº 12.651/2012 como meio para revitalização de bacias hidrográficas. Esses documentos coadunam-se com os objetivos e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos Lei nº 9433/1997, contribuindo assim, com a gestão de recursos hídricos para a disponibilidade de água com qualidade e quantidade necessárias aos usos múltiplos, com a sua utilização racional e integrada, e com a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos. E por constituírem instrumentos de planejamento de revitalização hidroambiental de bacias hidrográficas encontra-se em curso a elaboração do Plano Nascente Tocantins-Araguaia, documento técnico que tem por objetivo apresentar a proposta uma proposta para a recuperação, principalmente de nascentes desta bacia, nos moldes dos referidos planos deste estudo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Codevasf pela publicação dos Planos Nascentes, como também aos profissionais da Codevasf que elaboraram com dedicação e competência os planos foco deste trabalho. Segue relação dos profissionais que trabalharam na elaboração dos respectivos planos:

**Plano Nascente São Francisco:** Eduardo Jorge de Oliveira Motta, Ney Eduardo Wanderley Gonçalves, Antônio Alípio de Souza Mustafá, Antônio José da Silva Neto, Aristóteles Fernandes de Melo, Athadeu Ferreira da Silva, Círio José Costa, Geraldo Gentil Vieira, Sérgio Henrique Alves.

**Plano Nascente Parnaíba:** Eduardo Jorge de Oliveira Motta, Ney Eduardo Wanderley Gonçalves, André Luiz Oliveira Santos, Antônio Alípio de Souza Mustafá, Antônio José da Silva Neto, Athadeu Ferreira da Silva, Bráulio Jordão, Camilo Cavalcanti de Souza, Círio José Costa, Ericka Rocha da Cunha, Fabiano Catão Cordula Ouriques Dias, José Ocelo Rocha Campos Júnior, Sérgio Henrique Alves, Sergio Luís Soares de Souza Costa, Talita Salomão de Oliveira.

**Plano Nascente Itapecuru:** Leila Lopes da Mota Alves Porto, Eduardo Jorge de Oliveira Motta, Camilo Cavalcanti de Souza, Adenilson Kerlisson Carvalho de Oliveira, André Luiz Oliveira Santos, Antônio José da Silva Neto, Bráulio Jordão, Emanuell Florêncio Passos Martins, Ericka Rocha da Cunha, Pedro Cavalcanti dos Reis, Renan Loureiro Xavier Nascimento, Sergio Luís Soares de Souza Costa, Valdemir de Macedo Vieira.

**Plano Nascente Mearim:** Leila Lopes da Mota Alves Porto, Eduardo Jorge de Oliveira Motta, Camilo Cavalcanti de Souza, Adenilson Kerlisson Carvalho de Oliveira, André Luiz Oliveira Santos, Antônio José da Silva Neto, Bráulio Jordão, Emanuell Florêncio

Passos Martins, Ericka Rocha da Cunha, Pedro Cavalcanti dos Reis, Renan Loureiro Xavier Nascimento, Sergio Luís Soares de Souza Costa, Valdemir de Macedo Vieira.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras** – Edição Especial – 2014, Brasília – DF, 2015. 163p.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/SaoFrancisco.aspx>. Acessado em 20/09/2014.

\_\_\_\_\_. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília: 2005. 134p.

CBHSF - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Disponível em: <http://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>. Acessado em 20/09/2014.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA. Área de Gestão Estratégica. Unidade de Suporte Geotecnológico. **Divisão fisiográfica da bacia hidrográfica do Rio Itapecuru**. 2017. Arquivo eletrônico shapefile.

CODEVASF/USACE. **São Francisco Watershed Model**. Brasília. 2014.

DAI, A.; QIAN, T.; TRENBERTH, K. E.; MILLIMAN, J. D. **Changes in continental freshwater discharge from 1948-2004**. J. Climate, v. 22, p. 2773-2791, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico de 2010**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 10 maio 2017.

MOTTA, Eduardo Jorge de Oliveira; GONÇALVES, Ney E. Wanderley. **Plano Nascente São Francisco - Plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia do rio São Francisco, baseado na experiência da Codevasf em dez anos de revitalização**. Brasília: Codevasf, IABS. 2016. 124 p.

MOTTA, Eduardo Jorge de Oliveira; GONÇALVES, Ney E. Wanderley. **Plano Nascente Parnaíba - Plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia do rio Parnaíba, fundamentado na experiência da Codevasf em recuperação e controle de processos erosivos**. Brasília: Codevasf, IABS, 2016. 174 p.

MOTTA, Eduardo Jorge de Oliveira; SOUZA, Camilo Cavalcante de; NASCIMENTO, Renan Loureiro Xavier. Planos Nascentes: Preservação e Recuperação de Nascentes de Bacias Hidrográficas de Rios na Área de Atuação da Codevasf. In: **Anais do 4º Seminário Solo e Água no Contexto de Desenvolvimento em Bacias Hidrográficas, 19 a 21 de novembro de 2019** / Organizadores, Paulo Ricardo Santos Cerqueira, Athadeu Ferreira da Silva, Sergio Ricardo Franco Vieira, Alexandre Leopoldo Curado. – Brasília: Codevasf, 2019.

PORTO, Leila Lopes da Mota Alves; MOTTA, Eduardo Jorge de Oliveira; SOUZA, Camilo Cavalcante. **Plano Nascente Itapecuru - Plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia do rio Itapecuru, fundamentado na experiência da Codevasf em recuperação e controle de processos erosivos**. Brasília: Codevasf, 2019a. 180 p.

PORTO, Leila Lopes da Mota Alves; MOTTA, Eduardo Jorge de Oliveira; SOUZA, Camilo Cavalcante. **Plano Nascente Mearim - Plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia do rio Mearim, fundamentado na experiência da Codevasf em recuperação e controle de processos erosivos.** Brasília: Codevasf, 2019b. 188 p.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO (UEMA). **Bacias hidrográficas e climatológicas no Maranhão.** São Luís, 2016. 165 p.

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

# EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

---



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

# EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

---