

# Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária



Daniel Sant'Ana  
(Organizador)

# Base de Conhecimentos Gerados 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

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**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  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – 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 Internazionale 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> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

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. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

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. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
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 Andreza 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. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
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  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
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 Albornoz – 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. Lilian 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. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
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. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
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  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
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



## Base de conhecimentos gerados na engenharia ambiental e sanitária

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremonesi  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Daniel Sant'Ana

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B299 Base de conhecimentos gerados na engenharia ambiental e sanitária / Organizador Daniel Sant'Ana. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-744-4

DOI 10.22533/at.ed.444211901

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

CDD 620

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)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

A coleção *“Base de Conhecimentos Gerados 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.

Com o crescimento desordenado das cidades brasileiras, observamos, cada vez mais, os impactos de ocupações urbanas sobre o meio ambiente. Com isso, os primeiros capítulos deste livro debatem sobre a importância da legislação no controle do crescimento desordenado das cidades e na proteção ambiental de bacias hidrográficas, seja pela proteção e a recuperação de matas ciliares ou pela gestão sustentável de águas pluviais urbanas.

E na medida em que as cidades crescem, a demanda por água potável aumenta. Com isso, torna-se crucial promover o controle da demanda urbana de água por meio de medidas que estimulem o uso racional de água, seja por meio de uma revisão tarifária (Capítulo 5) ou pela otimização das redes de distribuição de água (Capítulos 6 e 7).

O uso de fontes alternativas de água, como o aproveitamento de águas pluviais em usos não potáveis, é capaz de promover reduções significativas no consumo de água potável em edificações (Capítulo 8). Porém, para garantir a saúde e o bem-estar de usuários, toda água deve passar por um processo de tratamento capaz de atingir os padrões de qualidade estabelecidos em legislação ou instrumentos normativos (Capítulos 9 e 10).

Evidentemente, para qualquer tomada de ação, é necessário um diagnóstico preliminar para avaliar as condições das águas. Os Capítulos 11 e 12 realizam diagnósticos da qualidade de águas subterrâneas, enquanto os capítulos subsequentes apresentam resultados de análises da qualidade de água do Rio Piabinha (Capítulo 13), Córrego Mirasol (Capítulo 14) e do Rio Chumbao, Peru (Capítulo 15).

A evolução da inovação tecnológica vem auxiliando tomadores de decisão na gestão de recursos hídricos (Capítulos 16 e 17) para garantir a segurança hídrica no abastecimento de água e na preservação ambiental. Os capítulos finais deste volume discorrem a importância de promover a conscientização da população e a educação ambiental para reduzir os impactos ambientais causados pelas ações do ser humano.

Este primeiro volume contou com a contribuição de pesquisadores de diferentes partes do país, Argentina e Peru, trazendo de forma interdisciplinar, um amplo espectro de trabalhos acadêmicos relativos à legislação, abastecimento de água, diagnóstico de qualidade das águas, inovação tecnológica e educação ambiental. Por fim, desejo que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

ANÁLISE DOS INSTRUMENTOS JURÍDICOS QUE NORTEIAM O DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL, DAS OBRAS DE HABITAÇÃO, INFRAESTRUTURA E SANEAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PONTE GRANDE, EM LAGES-SC

Mayara Rafaeli Lemos  
Daniely Neckel Rosini  
Valter Antonio Becegato  
Vitor Rodolfo Becegato  
Alexandre Tadeu Paulino

**DOI 10.22533/at.ed.4442119011**

### **CAPÍTULO 2..... 20**

CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS DA APLICAÇÃO DO DECRETO ESTADUAL Nº 42.356/2010 NA DELIMITAÇÃO DE FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO EM ÁREA URBANA CONSOLIDADA. ESTUDO DE CASO: RIO PIABANHA/RJ - TRECHO 4

Jorge Chaves Junior  
Ana Cristina Malheiros Gonçalves Carvalho  
Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes Assumpção

**DOI 10.22533/at.ed.4442119012**

### **CAPÍTULO 3..... 31**

AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA: POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES PARA O PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA, NO ESTADO DE GOIÁS

Raquel Santarém de Souza Costa  
Aldo Muro Junior  
Flávio Roldão de Carvalho Lélis

**DOI 10.22533/at.ed.4442119013**

### **CAPÍTULO 4..... 47**

LEVANTAMENTO E ANÁLISE DO ORDENAMENTO JURÍDICO ACERCA DA CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO BRASIL COM FOCO NAS REGIÕES SUDESTE E SUL

Jordana dos Anjos Xavier  
Emili Louise Diconcili Schutz  
Nicole Martins Pessoa  
Daniely Neckel Rosini  
Débora Cristina Correia Cardoso  
Valter Antonio Becegato  
Vitor Rodolfo Becegato  
Alexandre Tadeu Paulino  
Natália Martins Vieira

**DOI 10.22533/at.ed.4442119014**

### **CAPÍTULO 5..... 61**

INDICADOR ECONÔMICO FINANCEIRO PARA AVALIAÇÃO DA NECESSIDADE DE REVISÃO TARIFÁRIA EM CONCESSÕES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO NOS MUNICÍPIOS CATARINENSES

Daniel Antonio Narzetti

Willian Carlos Narzetti  
Ricardo Motta Martins  
Ciro Loureiro Rocha  
Diego Pavam Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.4442119015**

**CAPÍTULO 6..... 73**

**INFLUÊNCIA DAS EQUAÇÕES EXPLÍCITAS DE FATOR DE ATRITO NO  
DIMENSIONAMENTO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO**

Renata Shirley de Andrade Araújo  
Alessandro de Araújo Bezerra  
Bruno Duarte Moura  
Mauro César de Brito Sousa

**DOI 10.22533/at.ed.4442119016**

**CAPÍTULO 7..... 88**

**QUANTIFICANDO PERDAS HÍDRICAS EM CIDADES PARAIBANAS**

Ayuri Medeiros da Silva  
Carolina Coeli Rodrigues Batista de Araújo  
Flaubert Ruan Nobelino de Araujo  
Mikaele de Oliveira Candeia  
Francisca Rozângela Lopes de Sousa

**DOI 10.22533/at.ed.4442119017**

**CAPÍTULO 8..... 98**

**PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL PARA APROVEITAMENTO NO  
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL DO CAMPUS ALTO PARAOPEBA – UFSJ**

Deysiane Antunes Barroso Damasceno  
Isabela Carvalho Pinheiro  
Emmanuel Kennedy da Costa Teixeira

**DOI 10.22533/at.ed.4442119018**

**CAPÍTULO 9..... 109**

**SEGUIMIENTO FÍSICO, QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DEL AGUA EN LA LOCALIDAD  
DE AGUARAY – SALTA**

Claudia Silvana Soledad Cequeira  
Cecilia Hebe Noemi Orphèe  
Maria Ines Mercado  
Rosa Magdalena Cruz

**DOI 10.22533/at.ed.4442119019**

**CAPÍTULO 10..... 117**

**OTIMIZAÇÃO DA CAPACIDADE DE FLOCULAÇÃO DE COAGULANTES NATURAIS NO  
TRATAMENTO DE ÁGUA**

David Choque-Quispe  
Yudith Choque Quispe  
Betsy Suri Ramos Pacheco  
Aydeé Marilú Solano Reynoso

Lourdes Magaly Zamalloa Puma  
Carlos Alberto Ligarda Samanez  
Fredy Taipe Pardo  
Miriam Calla Flórez  
Miluska Marina Zamalloa Puma  
Jhuniór Felix Alonzo Lanado  
Yadyra Quispe Quispe

**DOI 10.22533/at.ed.44421190110**

**CAPÍTULO 11..... 126**

**APLICAÇÃO DO MÉTODO GOD PARA AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DOS POÇOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CIDADE DE ABATETUBA – PARÁ**

Gabriel Pereira Colares da Silva  
Éverton Costa Dias  
Giovanni Chaves Penner  
Adria Lorena de Moraes Cordeiro  
Cleyanne Kelly Barbosa Souto

**DOI 10.22533/at.ed.44421190111**

**CAPÍTULO 12..... 137**

**MODELAGEM DO FLUXO DE CONTAMINANTES NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO CEMITÉRIO AREIAS, TERESINA, BRASIL**

Mauro César de Brito Sousa  
Bruna de Freitas Iwata

**DOI 10.22533/at.ed.44421190112**

**CAPÍTULO 13..... 148**

**ANÁLISE DO SANEAMENTO E DA QUALIDADE DE ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIABANHA**

Luis Carlos Soares da Silva Junior  
José Paulo Soares de Azevedo  
Ana Silvia Pereira Santos  
Verônica Silveira de Andrade  
Marília Carvalho de Melo

**DOI 10.22533/at.ed.44421190113**

**CAPÍTULO 14..... 160**

**PHYSICO-CHEMICAL DIAGNOSIS OF WATER QUALITY IN THE MIRASSOL STREAM, CITY OF SÃO PAULO, BRAZIL**

André Contri Dionizio  
Marta Ângela Marcondes  
Raul Neiva Bertulucci

**DOI 10.22533/at.ed.44421190114**

**CAPÍTULO 15..... 172**

**ACTIVIDADES ANTRÓPICAS Y CONTAMINANTES EMERGENTES, PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL RIO CHUMBAO, PERÚ**

Carlos Alberto Ligarda Samanez

David Choque Quispe  
Betsy Suri Ramos Pacheco

**DOI 10.22533/at.ed.44421190115**

**CAPÍTULO 16..... 185**

**SISTEMA EM PLATAFORMA WEB PARA IMPLANTAÇÃO DE PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA (PSA) EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

Nolan Ribeiro Bezerra  
Isabela Moura Chagas  
Geraldo Alves Pereira Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.44421190116**

**CAPÍTULO 17..... 198**

**SISTEMA WEB PARA ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL POR DIFERENTES MÉTODOS**

Lucas Moraes dos Santos  
Taison Anderson Bortolin  
Adriano Gomes da Silva  
Vania Elisabete Schneider

**DOI 10.22533/at.ed.44421190117**

**CAPÍTULO 18..... 217**

**UM CENÁRIO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO SANTARÉM - PA: ESTUDO DE CASO - RESIDENCIAL SALVAÇÃO**

Jarlison Sarmento Lopes  
Andressa Rodrigues de Sousa  
Antônia Liliâne Ferreira de Oliveira  
Claudiane da Silva Rosa  
Ewellyn Cristina Santos de Sousa  
Kairo Silva de Oliveira  
Elton Raniere da Silva Moura  
Maria Francisca de Miranda Adad

**DOI 10.22533/at.ed.44421190118**

**CAPÍTULO 19..... 233**

**EDUCAÇÃO AMBIENTAL COM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO DURANTE A PANDEMIA DO CORONAVÍRUS EM ESCOLAS RURAIS DE LAGES-SC**

Daniely Neckel Rosini  
Débora Cristina Correia Cardoso  
Jordana dos Anjos Xavier  
Valter Antonio Becegato  
Vitor Rodolfo Becegato  
Alexandre Tadeu Paulino

**DOI 10.22533/at.ed.44421190119**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 245**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 246**

## INFLUÊNCIA DAS EQUAÇÕES EXPLÍCITAS DE FATOR DE ATRITO NO DIMENSIONAMENTO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO

*Data de aceite: 04/01/2021*

*Data de submissão: 03/11/2020*

### **Renata Shirley de Andrade Araújo**

Professora da Universidade Federal do Piauí, Departamento de Recursos Hídricos, Geotecnia e Saneamento Ambiental  
Teresina – PI  
<http://lattes.cnpq.br/6959135851581992>

### **Alessandro de Araújo Bezerra**

Professor da Universidade Federal do Piauí, Departamento de Recursos Hídricos, Geotecnia e Saneamento Ambiental  
Teresina – PI  
<http://lattes.cnpq.br/1375170517742002>

### **Bruno Duarte Moura**

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Piauí (UFPI)  
Teresina – PI  
<http://lattes.cnpq.br/3201285287514596>

### **Mauro César de Brito Sousa**

Professor do Instituto Federal do Piauí  
Teresina – PI  
<http://lattes.cnpq.br/2049460389729603>

**RESUMO:** Este trabalho tem o objetivo de analisar a influência de equações explícitas para o fator de atrito  $f$  da equação universal da perda de carga de Darcy-Weisbach no dimensionamento de redes de distribuição e identificar as equações que mais se aproximam da fórmula de Colebrook-White. A indicação preferencial do uso da equação Darcy-

Weisbach para o cálculo da perda de carga no dimensionamento de redes, que, por sua vez, necessita da obtenção do fator de atrito  $f$  para o cálculo em cada trecho. A fórmula do fator de atrito de Colebrook-White é a equação mais representativa para a realidade da tubulação, mas é implícita para  $f$ . As equações explícitas são aproximações que tentam contornar este problema, mas, muitas vezes, são equações extensas e apresentam erros, o que as tornam opções pouco confiáveis. A análise da situação no dimensionamento de uma rede ramificada e uma rede malhada a partir de cada uma das metodologias de fator de atrito selecionadas apresentaram resultados que permitiram avaliar quais as melhores opções alternativas de equações explícitas para a fórmula implícita de Colebrook-White, de acordo com os valores obtidos do fator  $f$ , da perda de carga total das redes e das pressões disponíveis nos nós. Os resultados exibidos indicam que as equações de Sousa-Cunha-Marques e de Zigrang-Silvester apresentam uma maior aproximação a fórmula de Colebrook-White, enquanto que a equação de Swamee-Jain apresenta valores que mais se distancia das outras equações e, apesar disso, a diferença consiste na terceira e quarta casa decimal, o que não a torna inviável para utilização.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fator de Atrito. Equações Explícitas. Redes de Distribuição.



# INFLUENCE OF EXPLICIT FRICTION FACTOR EQUATIONS ON THE SIZING OF DISTRIBUTION NETWORKS

**ABSTRACT:** This work aims to analyze the influence of explicit equations for the friction factor  $f$  of the Darcy-Weisbach universal head loss equation in the design of distribution networks and to identify the equations that most closely match the Colebrook-White equation. The preferred indication of the use of the Darcy-Weisbach equation for the calculation of the head loss in the dimensioning of networks, which, in turn, needs to obtain the friction factor  $f$  for the calculation in each stretch. The Colebrook-White friction factor is the most representative equation for the pipe reality, but it is implicit for  $f$ . Explicit equations are approximations that try to circumvent this problem, but they are often extensive equations and have errors, which make them unreliable options. The analysis of the situation in the dimensioning of a branched network and a meshed network based on each of the selected friction factor methodologies presented results that allowed us to evaluate which are the best alternative options of explicit equations for the Colebrook-White implicit formula, according with the values obtained from the factor  $f$ , the total pressure drop of the networks and the pressures available at the nodes. The results shown indicate that the Sousa-Cunha-Marques and Zigrang-Silvester equations present a greater approximation to the Colebrook-White formula, while the Swamee-Jain equation presents values that are more distant from the other equations and, despite that, the difference consists of the third and fourth decimal place, which does not make it unfeasible for use.

**KEYWORDS:** Friction Factor. Explicit Equations. Distribution Networks.

## 1 | INTRODUÇÃO

As equações do fator de atrito são utilizadas para obtenção do fator  $f$  da fórmula de Darcy-Weisbach, também conhecida como a “fórmula Universal” aplicada ao cálculo da perda de carga em tubulações (equação 1) Porto (2006). Em 1938, Colebrook e White desenvolveram uma fórmula que relaciona o fator de atrito, o número de Reynolds e a rugosidade relativa do conduto, sendo até hoje considerada a equação mais representativa no cálculo da resistência ao escoamento (equação 2). Com sua aplicabilidade demonstrada, então, se tornou a fórmula padrão para cálculo do fator de atrito. Entretanto, sua forma implícita anula uma rápida estimativa do fator de atrito em cálculos manuais (GENIC *et al.*, 2011), uma vez que o fator  $f$ , sendo implícito, deve ser obtido através de iterações.

$$h_f = f \frac{Lv^2}{D2g} \quad (1)$$

em que:  $h_f$  = perda de carga (m);  $f$  = fator de atrito (adimensional);  $L$  = comprimento da tubulação (m);  $v$  = velocidade do fluido (m/s);  $D$  = diâmetro do tubo (m) e  $g$  = aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left[ \frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right] \quad (2)$$

em que:  $f$  = fator de atrito (adimensional);  $\text{Re}$  = número de Reynolds (adimensional) e  $\varepsilon$  = rugosidade absoluta (m).

Segundo Sousa e Neto (2014), após vários anos de pesquisas para equações do fator de atrito em regimes turbulentos, a partir de 1960 elas já apresentavam técnicas de soluções explícitas, mas que sempre possuem limitações ou são expressões longas. Isso gera a necessidade de aprimoramentos que simplifiquem o cálculo e ampliem a sua faixa de abrangência. Mesmo frente às suas limitações, conforme Silva (2014), quando comparadas aos cálculos da fórmula universal, uma grande quantidade de projetistas prefere utilizar fórmulas práticas e empíricas, pois “as mesmas foram criadas para facilitar o desenvolvimento do projeto”.

Estudiosos da área tentaram desde então encontrar uma fórmula explícita em que os resultados possuiriam os menores erros em relação à fórmula de Colebrook-White. Dentre as várias obtidas ao longo desses anos, este trabalho irá propor verificar a influência de diversas equações de fator de atrito apresentadas na literatura no dimensionamento de redes de distribuição de água. Para tanto, serão dimensionadas redes de distribuição utilizando a equação universal de Darcy-Weisbach, sendo identificadas aquelas com os menores erros em comparação à fórmula de Colebrook-White.

Dessa maneira, o objetivo desse trabalho é verificar a influência de diversas equações de fator de atrito apresentadas na literatura no dimensionamento de redes de distribuição de água. Além disso, identificar as equações que apresentaram as menores diferenças de perdas de carga em relação à apresentada pela fórmula de Colebrook-White.

## 2 | METODOLOGIA

A seleção das equações deveu-se a alguns aspectos, foram consideradas as mais relevantes de acordo com sua importância na prática de dimensionamentos de redes, como também algumas das mais atuais sem um uso mais amplo. O escoamento em redes de distribuição é caracterizado, geralmente, como turbulento hidraulicamente de transição. Entretanto, utilizou-se também duas equações, que, apesar de serem destinadas ao cálculo em escoamento turbulento hidraulicamente lisos, devido a sua simplicidade, resolveu-se comparar os resultados gerados, são as equações de: Blasius (1913) e Sousa-Neto (2014).

As equações explícitas selecionadas para o desenvolvimento do estudo de seus efeitos no dimensionamento nas redes de distribuição escolhidas estão disponíveis em Genic *et al.* (2011) e Camargo (2001), sendo as seguintes:

- a. Equação de Moody (1947) [Abrangência:  $\text{Re} = 4000$  a  $5 \times 10^8$ ;  $e = 0$  a  $0,01$ ], em que:  $e = \varepsilon/D$  = rugosidade relativa (adimensional):

$$f = 0,0055 \left[ 1 + \left( \frac{2000\varepsilon}{D} + \frac{10^6}{Re} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad (3)$$

- b. Equação de Swamee-Jain (1976) [Abrangência:  $Re = 5000$  a  $10^8$ ;  $e = 0,000001$  a  $0,05$ ]:

$$f = \left[ -2 \log \left( \frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{7}{Re^{0,9}} \right) \right]^{-2} \quad (4)$$

- c. Equação de Haaland (1983) [Abrangência:  $Re = 4000$  a  $10^8$ ;  $e = 0,000001$  a  $0,05$ ]:

$$f = \left\{ -1,8 \log \left[ \left( \frac{\varepsilon}{3,7D} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re} \right] \right\}^{-2} \quad (5)$$

- d. Equação de Zigrang-Silvester (1982) [Abrangência:  $Re = 4000$  a  $10^8$ ;  $e = 0,000001$  a  $0,05$ ]:

$$f = \left\{ -2 \log \left[ \frac{\varepsilon}{3,7D} - \frac{5,02}{Re} \log \left( \frac{\varepsilon}{D} - \frac{5,02}{Re} \log \left( \frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{13}{Re} \right) \right) \right] \right\}^{-2} \quad (6)$$

- e. Equação de Brkić (1) (2011) [Abrangência: Não Especificada]:

$$f = \left[ -2 \log \left( \frac{1}{10^{0,4343\beta}} + \frac{\varepsilon}{3,71D} \right) \right]^{-2}, \beta = \ln \frac{Re}{1,816 \ln \left( \frac{1,1Re}{\ln(1 + 1,1Re)} \right)} \quad (7)$$

- f. Equação de Brkić (2) (2011) [Abrangência: Não Especificada]:

$$f = \left[ -2 \log \left( \frac{2,18\beta}{Re} + \frac{\varepsilon}{3,71D} \right) \right]^{-2}, \beta = \ln \frac{Re}{1,816 \ln \left( \frac{1,1Re}{\ln(1 + 1,1Re)} \right)} \quad (8)$$

- g. Equação de Sousa-Cunha-Marques (1999) [Abrangência: Não Especificada]:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{\varepsilon}{3,7D} - \frac{5,16}{Re} \log \left( \frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{5,09}{Re^{0,87}} \right) \right] \quad (9)$$

h. Equação de Blasius (1913) [Abrangência:  $Re = 4000$  a  $10^6$ ]:

$$f = 0,345 \cdot Re^{-0,25} \quad (10)$$

i. Equação de Sousa-Neto (2014) [Abrangência:  $Re = 4000$  a  $10^6$ ].

$$f = 0,1114 \cdot D^{-0,2333} \cdot Re^{-(0,1638D^{-0,0964})} \quad (11)$$

Na abordagem deste trabalho foram utilizadas duas redes fictícias retiradas do sistema UFC, elaborado pelo Laboratório de Hidráulica Computacional – LAHC, pertencente à Universidade Federal do Ceará - UFC. Uma rede possui o traçado ramificado e a outra rede tem o seu formato em malha. Todas as fórmulas de dimensionamento, coeficientes de rede, constantes numéricas da água e de materiais adotados no trabalho encontram-se em Porto (2006), Azevedo Netto *et al.* (1998), Munson *et al.* (2002) e Tsutiya (2006), tão bem como em literaturas correlatas, seguindo os critérios determinados pela NBR 12211 (ABNT, 1992) e NBR 12218 (ABNT, 1994).

Os parâmetros para cálculo da vazão de distribuição de ambas as redes foram os seguintes:

- a. Coeficiente do dia de maior consumo ( $k_1$ ): Adotou-se o valor 1,2;
- b. Coeficiente da hora de maior consumo ( $k_2$ ): Adotou-se o valor 1,5;
- c. População final ( $P$ ): Estimado de acordo com a planta baixa da área de distribuição estabelecida para cada rede;
- d. Consumo per capita ( $q$ ): Para a rede ramificada, adotou-se  $q = 200$  L/hab.dia. Para a rede malhada, adotou-se  $q = 150$  L/hab.dia;
- e. Extensão total de distribuição ( $L$ ): Soma total de todas as extensões de tubulações em cada uma das redes, em metros, excetuando-se a tubulação ligada diretamente ao reservatório (sem distribuição).

Para o material das tubulações da rede de distribuição, adotou-se o PVC, cuja rugosidade absoluta foi estabelecida como  $\epsilon = 0,0015$  mm. Para os cálculos do número de Reynolds e perda de carga, a constante viscosidade cinemática da água foi estabelecida como  $\nu = 0,0000101$  m<sup>2</sup>/s, e a constante aceleração da gravidade como  $g = 9,80665$  m/s<sup>2</sup>.

Na planta de situação original obtiveram-se as curvas de nível, as ruas por onde deverá preferencialmente passar as redes, as áreas residenciais a serem abastecidas, a identificação dos nós e suas respectivas cotas e o comprimento de cada trecho. A figura 1 mostra a representação da rede ramificada adotada no trabalho, enquanto a figura 2 o traçado da rede malhada utilizada.

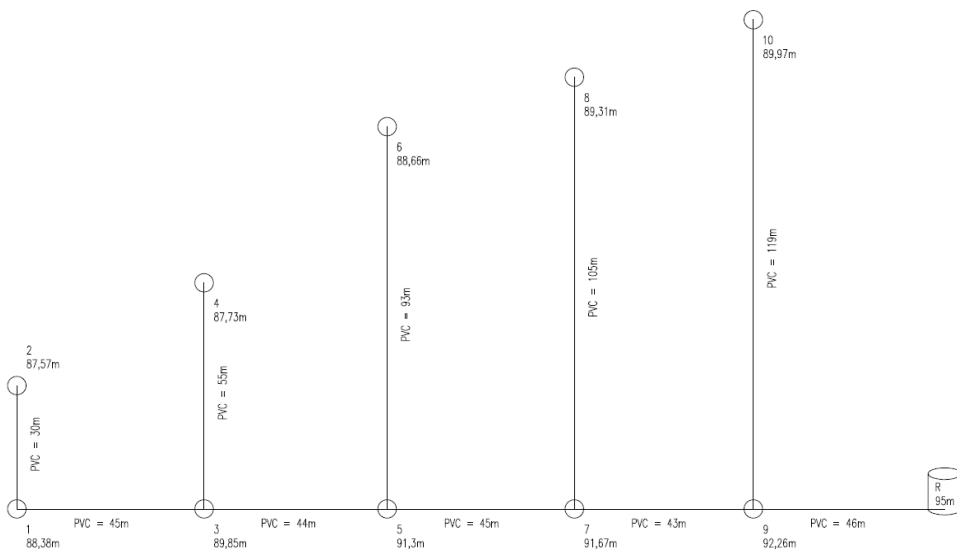


Figura 1: Rede ramificada.

A estimativa populacional para a área em ambas as redes foi feita com base em 3 parâmetros relacionados a seguir:

- Em cada lote, 1 prédio de apartamentos;
- Em cada prédio, 5 apartamentos (1 por andar);
- Em cada apartamento, 5 pessoas.

Para a rede ramificada, contou-se 90 lotes, o que resultou em 90 prédios, 450 apartamentos e 2.250 pessoas atendidas pelo sistema. Para a rede malhada, contou-se 136 lotes, o que resultou em 136 prédios, 680 apartamentos e 3400 pessoas.

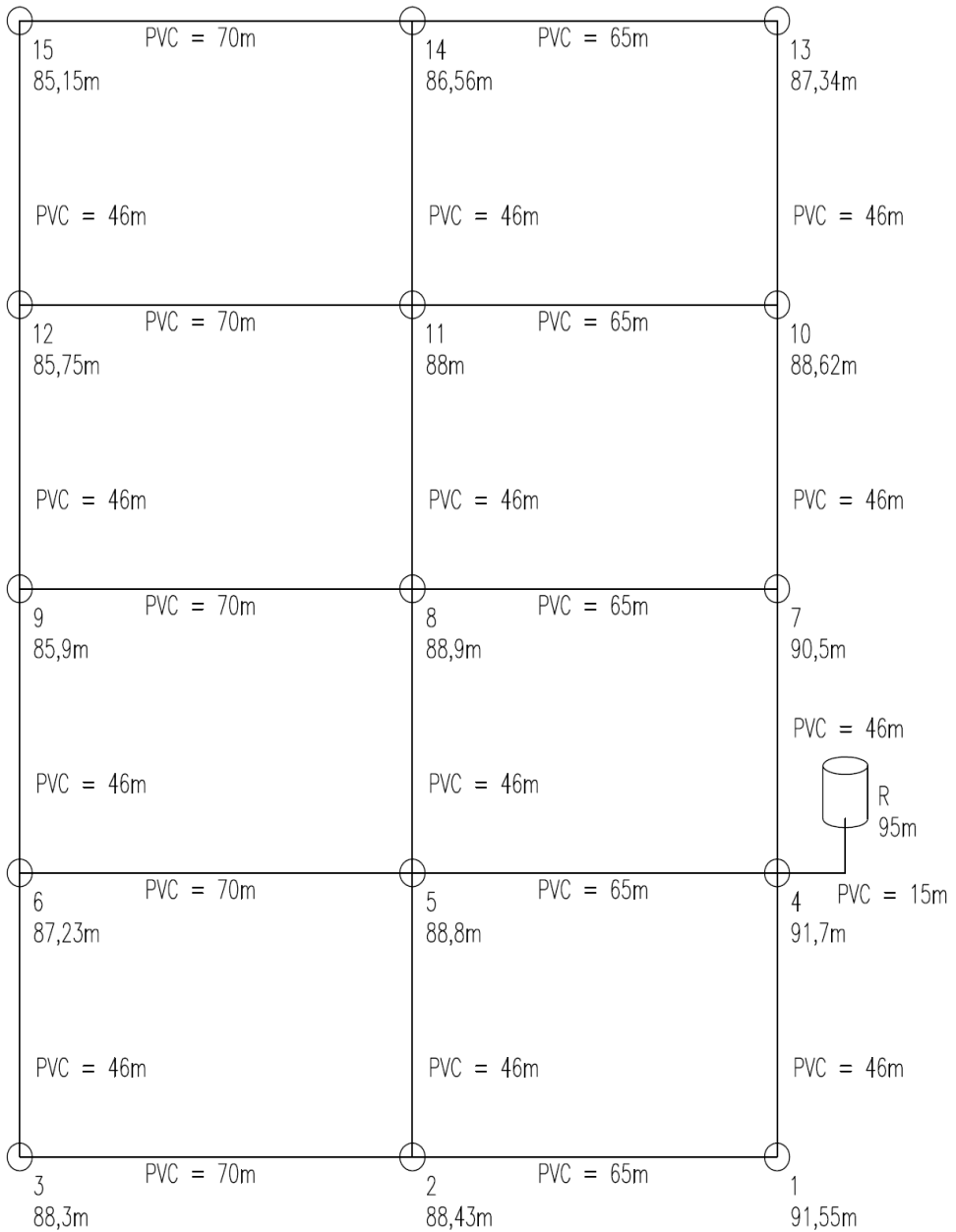


Figura 2: Rede malhada.

### 3 I RESULTADOS

A rede ramificada, constituída de 10 nós, 10 trechos e 1 reservatório, teve seu dimensionamento realizado dez vezes. Um dimensionamento comparativo através da

fórmula de Colebrook-White, e nove outros através das equações explícitas para o fator de atrito selecionadas. Os resultados dos valores de fator de atrito e suas perdas de carga em cada um dos trechos e as pressões disponíveis em cada um dos nós foram compilados nas tabelas 1 e 2 respectivamente.

Trecho	Colebrook-White (1939)	Brkic' (1) (2011)	Brkic' (2) (2011)	Sousa-Cunha-Marques (1999)	Zigrang-Silvester (1982)	Haaland (1983)	Swamee-Jain (1976)	Moody (1947)	Blasius (1913)	Sousa-Neto (2014)
1~2	0,033950	0,032861	0,034134	0,033954	0,033918	0,034069	0,036471	0,034154	0,037618	0,032263
3~1	0,025514	0,024767	0,025630	0,025542	0,025462	0,025348	0,026890	0,025305	0,028510	0,025317
3~4	0,028910	0,028027	0,029051	0,028933	0,028863	0,028825	0,030692	0,028915	0,032329	0,028259
5~3	0,020825	0,020259	0,020909	0,020850	0,020771	0,020618	0,021753	0,020273	0,022875	0,020858
5~6	0,025377	0,024635	0,025491	0,025405	0,025324	0,025208	0,026738	0,025158	0,028350	0,025193
7~5	0,019010	0,018510	0,019082	0,019031	0,018959	0,018809	0,019799	0,018341	0,020590	0,019044
7~8	0,024651	0,023938	0,024760	0,024679	0,024597	0,024470	0,025934	0,024379	0,027503	0,024533
9~7	0,018487	0,018002	0,018554	0,018507	0,018442	0,018294	0,019241	0,017804	0,019943	0,018511
9~10	0,023934	0,023250	0,024039	0,023962	0,023880	0,023744	0,025145	0,023609	0,026656	0,023871
R~9	0,017466	0,017019	0,017528	0,017484	0,017419	0,017280	0,018151	0,016719	0,018605	0,017488

Tabela 1 - Fatores de atrito nos trechos da rede ramificada.

Trecho	Colebrook-White (1939)	Brkic' (1) (2011)	Brkic' (2) (2011)	Sousa-Cunha-Marques (1999)	Zigrang-Silvester (1982)	Haaland (1983)	Swamee-Jain (1976)	Moody (1947)	Blasius (1913)	Sousa-Neto (2014)
1~2	0,021211	0,02053	0,02132	0,021214	0,02119	0,02128	0,022786	0,02133	0,02350	0,02015
3~1	0,219668	0,21323	0,22066	0,219909	0,21922	0,21823	0,231515	0,21786	0,24546	0,21797
3~4	0,111282	0,10788	0,11182	0,111371	0,11110	0,11095	0,118142	0,11130	0,12444	0,10877
5~3	0,590571	0,57452	0,59295	0,591280	0,58904	0,58470	0,616888	0,57491	0,64870	0,59150
5~6	0,472270	0,45846	0,47439	0,472791	0,47128	0,46912	0,497598	0,46819	0,52759	0,46884
7~5	0,655372	0,63813	0,65785	0,656096	0,65361	0,64844	0,682573	0,63230	0,70984	0,65654
7~8	0,660322	0,64122	0,66324	0,661072	0,65887	0,65547	0,694690	0,65303	0,73671	0,65716
9~7	0,331568	0,32286	0,33277	0,331927	0,33076	0,32810	0,345091	0,31931	0,35768	0,33199
9~10	0,933207	0,90653	0,93730	0,934298	0,93110	0,92579	0,980425	0,92053	1,03934	0,93075
R~9	0,584259	0,56930	0,58633	0,584861	0,58268	0,57803	0,607173	0,55927	0,62236	0,58499
Somatório	4,579730	4,45270	4,59866	4,584819	4,56887	4,54016	4,796881	4,47809	5,03565	4,56870
Diferença para Colebrook-White	-	0,12703	-0,01893	-0,00509	0,01086	0,03957	-0,21715	0,10164	-0,45593	0,01102

Tabela 2 - Perdas de carga, em m, nos trechos da rede ramificada para cada uma das equações de fator de atrito.

Em relação ao valor obtido pelas várias equações de fator de atrito da tabela 1,

os resultados da tabela 2 permitem inferir que as equações de Sousa-Cunha-Marques, Zigrang-Silvester e Sousa-Neto deram os resultados para o fator  $f$  mais próximos do obtido pela fórmula de Colebrook-White, como evidencia a tabela 3.

Trecho	Colebrook-White (1939)	Sousa-Cunha-Marques (1999)	Diferença para Colebrook-White	Zigrang-Silvester (1982)	Diferença para Colebrook-White	Sousa-Neto (2014)	Diferença para Colebrook-White
1~2	0,033950	0,033954	-4E-06	0,033918	3,2E-05	0,032263	0,001687
3~1	0,025514	0,025542	-2,8E-05	0,025462	0,000052	0,025317	0,000197
3~4	0,028910	0,028933	-2,3E-05	0,028863	4,7E-05	0,028259	0,000651
5~3	0,020825	0,020850	-2,5E-05	0,020771	5,4E-05	0,020858	-3,3E-05
5~6	0,025377	0,025405	-2,8E-05	0,025324	5,3E-05	0,025193	0,000184
7~5	0,019010	0,019031	-2,1E-05	0,018959	5,1E-05	0,019044	-3,4E-05
7~8	0,024651	0,024679	-2,8E-05	0,024597	5,4E-05	0,024533	0,000118
9~7	0,018487	0,018507	-2E-05	0,018442	4,5E-05	0,018511	-2,4E-05
9~10	0,023934	0,023962	-2,8E-05	0,023880	5,4E-05	0,023871	6,3E-05
R~9	0,017465	0,017484	-1,9E-05	0,017419	4,6E-05	0,017488	-2,3E-05

Tabela 3 - Menores diferenças em relação aos resultados de fator de atrito de Colebrook-White para a rede ramificada.

Analisando de maneira global a rede ramificada e a perda de carga total da rede, as equações também apresentaram esse mesmo comportamento de variação. Algumas tiveram uma perda de carga maior que a apresentada utilizando a fórmula de Colebrook-White, enquanto outras tiveram seus valores reduzidos. A figura 3 a seguir, mostra um gráfico que demonstra o comportamento dessa variação.

O desenho do gráfico apresentado na figura 3 para a perda de carga total da rede ramificada foi praticamente o mesmo apresentado pelas perdas de carga em cada um dos trechos da rede, variando-se apenas os valores para a perda de carga em cada situação. As equações explícitas cujos resultados mais se aproximaram da perda de carga apresentada pela fórmula de Colebrook-White foram as de Sousa-Cunha-Marques (1999), Sousa-Neto (2014) e Zigrang-Silvester (1982). A equação de Sousa-Cunha-Marques apresentou uma perda de carga total apenas 0,005122 m maior que a fórmula usual.



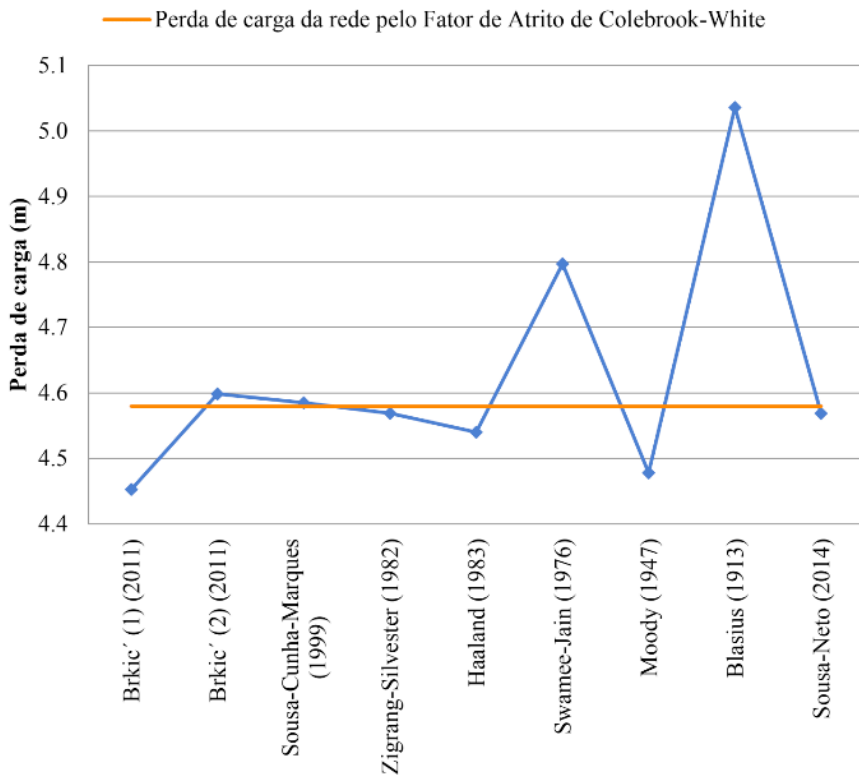


Figura 3 - Gráfico da perda de carga total da rede ramificada.

A curta e mais atual equação de Sousa-Neto, mesmo dependendo apenas do diâmetro e do número de Reynolds para obter o resultado do fator de atrito, conseguiu resultados mais satisfatórios. Por ter menos termos e ser mais próxima de Colebrook-White em relação a cada uma das perdas de carga nos trechos a tornam uma boa alternativa entre as equações explícitas selecionadas, no caso do material ser o PVC com rugosidade absoluta de 0,0015 mm.

A rede malhada, constituída de 15 nós, 1 reservatório, 23 trechos e 8 anéis, seu dimensionamento foi realizado dez vezes, assim como o teve a rede ramificada. A obtenção da vazão correta nos trechos da rede malhada se deu através do método iterativo de Hardy-Cross, e executou-se esse método para cada tipo de equação do fator de atrito.

Seguindo os procedimentos feitos na rede ramificada, a fim de comparação, compilaram-se em tabelas os resultados do fator de atrito de cada um dos trechos da rede malhada, por cada uma das metodologias (tabela 4), seguido de suas respectivas perdas de carga (tabela 5).

Nó		Colebrook-White (1939)	Brkic´ (1) (2011)	Brkic´ (2) (2011)	Sousa-Cunha-Marques (1999)	Zigrang-Silvester (1982)	Haaland (1983)	Swamee-Jain (1976)	Moody (1947)	Blasius (1913)	Sousa-Neto (2014)
Mon	Jus										
1	2	0,02861	0,027737	0,02876	0,028632	0,028561	0,028528	0,030398	0,028654	0,032043	0,027983
5	2	0,02499	0,02426	0,025097	0,025014	0,024932	0,02481	0,026304	0,024739	0,027895	0,024833
4	5	0,01957	0,019052	0,019649	0,019597	0,019524	0,019372	0,020405	0,018946	0,021317	0,019608
4	1	0,02445	0,023748	0,024567	0,024481	0,024399	0,024276	0,025735	0,024192	0,02729	0,024341
2	3	0,02696	0,026144	0,027084	0,026986	0,026909	0,026832	0,028521	0,026879	0,030183	0,026561
3	6	0,03868	0,03733	0,038906	0,038644	0,038666	0,039153	0,042193	0,0391	0,04233	0,035509
5	6	0,02419	0,023499	0,024295	0,024217	0,024134	0,024002	0,025425	0,023883	0,026957	0,024117
5	8	0,02395	0,023269	0,024059	0,023982	0,0239	0,023765	0,025172	0,023636	0,026692	0,02389
7	8	0,02232	0,021696	0,02241	0,022343	0,022259	0,022111	0,023368	0,021862	0,024698	0,022337
4	7	0,02005	0,019503	0,020123	0,020071	0,020005	0,019849	0,020915	0,01947	0,02194	0,020018
6	9	0,02855	0,027685	0,028692	0,028578	0,028507	0,028472	0,030321	0,028583	0,031968	0,027938
8	9	0,02665	0,025861	0,026777	0,026681	0,026603	0,02651	0,028158	0,026523	0,029816	0,026337
8	11	0,02501	0,024284	0,025123	0,02504	0,024958	0,024837	0,026333	0,024773	0,027933	0,024868
10	11	0,02488	0,024156	0,024989	0,024906	0,024824	0,024701	0,026178	0,024609	0,027754	0,024741
7	10	0,02048	0,019931	0,020563	0,020505	0,020426	0,020274	0,02138	0,019899	0,022438	0,020521
9	12	0,02842	0,027558	0,028558	0,028446	0,028374	0,028335	0,03017	0,028441	0,031822	0,027838
11	12	0,03072	0,029763	0,030876	0,030739	0,030678	0,030696	0,032749	0,030795	0,034257	0,02976
11	14	0,02944	0,028539	0,029589	0,029467	0,029399	0,029376	0,031297	0,029478	0,03291	0,028703
13	14	0,02841	0,027545	0,028545	0,028433	0,028361	0,028295	0,030111	0,028372	0,031764	0,027838
10	13	0,02436	0,023662	0,024471	0,024391	0,024309	0,024173	0,025611	0,024064	0,027158	0,024269
12	15	0,03482	0,033697	0,035053	0,034821	0,034831	0,035027	0,037532	0,035121	0,038528	0,032917
14	15	0,03521	0,03407	0,035366	0,035207	0,035143	0,035355	0,037895	0,035358	0,038836	0,033205
R	4	0,01704	0,016606	0,017096	0,017053	0,016989	0,016853	0,017694	0,016264	0,018034	0,017048

Tabela 4 - Fatores de atrito nos trechos da rede malhada

Uma visualização dos resultados apresentados pela tabela 4, acerca das diferenças entre as perdas de carga totais da rede permite inferir que essas 3 equações teriam de fato resultados mais próximos aos obtidos pela fórmula de Colebrook-White.

Assim como apresentou os resultados da rede ramificada, a perda de carga apresentada pelas equações explícitas do fator de atrito na rede malhada variou para mais ou para menos de acordo com o trecho em questão, de um modo parecido com o do fator de atrito.

Nó		Colebrook-White (1939)	Brkić (1) (2011)	Brkić (2) (2011)	Sousa-Cunha-Marques (1999)	Zigrang-Silvester (1982)	Haaland (1983)	Swamee-Jain (1976)	Moody (1947)	Blasius (1913)	Sousa-Neto (2014)
Mon	Jus										
1	2	0,14131	0,136998	0,14152	0,141418	0,141068	0,140379	0,148463	0,13943	0,156497	0,139248
5	2	0,261846	0,254197	0,262967	0,262097	0,261238	0,25996	0,275614	0,259216	0,292285	0,260763
4	5	0,738625	0,719075	0,741607	0,739644	0,736889	0,731152	0,77014	0,715074	0,804179	0,739707
4	1	0,307069	0,298253	0,307942	0,307458	0,306429	0,304295	0,321311	0,30145	0,340726	0,306906
2	3	0,23013	0,223823	0,231188	0,230351	0,229694	0,228362	0,24202	0,227412	0,256123	0,229407
3	6	0,014745	0,014389	0,014832	0,014732	0,01474	0,014757	0,015723	0,014404	0,015774	0,014153
5	6	0,507032	0,491622	0,509233	0,507598	0,505858	0,503092	0,532918	0,500597	0,56503	0,503601
5	8	0,358383	0,348193	0,360014	0,358862	0,357635	0,355615	0,375989	0,353046	0,397972	0,357485
7	8	0,873793	0,849364	0,877316	0,874693	0,871405	0,865611	0,916035	0,856999	0,968172	0,873298
4	7	0,179022	0,174138	0,179749	0,179209	0,17862	0,177302	0,186903	0,174131	0,196221	0,178661
6	9	0,101291	0,098222	0,101795	0,101391	0,101139	0,10064	0,106778	0,100283	0,112578	0,099857
8	9	0,249434	0,242049	0,250623	0,249724	0,248994	0,248124	0,263548	0,248245	0,279067	0,245811
8	11	0,259798	0,252257	0,260972	0,26011	0,259258	0,258001	0,273541	0,256779	0,289533	0,257764
10	11	0,381978	0,370863	0,383652	0,382377	0,381119	0,37923	0,402758	0,379421	0,42791	0,379844
7	10	0,707482	0,68799	0,710349	0,708346	0,705617	0,700366	0,739123	0,688436	0,776276	0,707828
9	12	0,104597	0,101424	0,105105	0,104693	0,104428	0,103905	0,11023	0,103534	0,116266	0,102828
11	12	0,094214	0,091279	0,094692	0,094272	0,094085	0,09414	0,100436	0,094909	0,105579	0,090821
11	14	0,082182	0,079667	0,082598	0,082257	0,082068	0,082003	0,087366	0,082288	0,091869	0,080125
13	14	0,148286	0,143771	0,148991	0,148406	0,148031	0,148223	0,157737	0,148627	0,166396	0,145301
10	13	0,315652	0,306608	0,31709	0,316054	0,314991	0,313837	0,332507	0,312422	0,352591	0,314473
12	15	0,027764	0,026869	0,027732	0,027765	0,027556	0,027711	0,029693	0,027568	0,030481	0,026247
14	15	0,039453	0,038175	0,039951	0,039449	0,039699	0,039938	0,042808	0,040266	0,043871	0,037206
R	4	0,238501	0,232427	0,239285	0,238683	0,237787	0,235884	0,247655	0,22764	0,252414	0,238613
Somatório		6,362587	6,181653	6,389203	6,369589	6,348348	6,312527	6,679296	6,252177	7,03781	6,329947
Diferença para Colebrook-White			0,18093	-0,02662	-0,00700	0,01424	0,05006	-0,316709	0,11041	-0,67522	0,03264

Tabela 5 - Perdas de carga, em m, nos trechos da rede malhada para cada uma das equações de fator de atrito.

Em relação ao fator de atrito, a equação de Sousa-Cunha-Marques e de Zigrang-Silvester obtiveram em todos os trechos valores bastante semelhantes aos apresentados pela fórmula de Colebrook-White, com erros menores que 0,0001. Próximo disso esteve os resultados da Segunda equação explícita de Brkić, cujos erros foram menores que 0,001, mas bem próximos de 0,0001, como mostra a tabela 6.

Segundo a perda de carga total da rede, as equações também apresentaram esse mesmo comportamento de variação linear. Algumas tiveram uma perda de carga maior que a apresentada utilizando a fórmula de Colebrook-White, enquanto outras tiveram seus valores reduzidos.

Nó		Colebrook-White (1939)	Sousa-Cunha-Marques (1999)	Diferença para Colebrook-White	Zigrang-Silvester (1982)	Diferença para Colebrook-White	Brkić (2) (2011)	Diferença para Colebrook-White
Mon	Jus							
1	2	0,02861	0,028632	-2,2E-05	0,028561	4,9E-05	0,02876	-0,00015
5	2	0,02499	0,025014	-2,4E-05	0,024932	5,8E-05	0,025097	-0,000107
4	5	0,01957	0,019597	-2,7E-05	0,019524	4,6E-05	0,019649	-7,9E-05
4	1	0,02445	0,024481	-3,1E-05	0,024399	5,1E-05	0,024567	-0,000117
2	3	0,02696	0,026986	-2,6E-05	0,026909	5,1E-05	0,027084	-0,000124
3	6	0,03868	0,038644	3,6E-05	0,038666	1,4E-05	0,038906	-0,000226
5	6	0,02419	0,024217	-2,7E-05	0,024134	5,6E-05	0,024295	-0,000105
5	8	0,02395	0,023982	-3,2E-05	0,0239	5E-05	0,024059	-0,000109
7	8	0,02232	0,022343	-2,3E-05	0,022259	6,1E-05	0,02241	-9E-05
4	7	0,02005	0,020071	-2,1E-05	0,020005	4,5E-05	0,020123	-7,3E-05
6	9	0,02855	0,028578	-2,8E-05	0,028507	4,3E-05	0,028692	-0,000142
8	9	0,02665	0,026681	-3,1E-05	0,026603	4,7E-05	0,026777	-0,000127
8	11	0,02501	0,02504	-3E-05	0,024958	0,000052	0,025123	-0,000113
10	11	0,02488	0,024906	-2,6E-05	0,024824	5,6E-05	0,024989	-0,000109
7	10	0,02048	0,020505	-2,5E-05	0,020426	5,4E-05	0,020563	-8,3E-05
9	12	0,02842	0,028446	-2,6E-05	0,028374	4,6E-05	0,028558	-0,000138
11	12	0,03072	0,030739	-1,9E-05	0,030678	4,2E-05	0,030876	-0,000156
11	14	0,02944	0,029467	-2,7E-05	0,029399	4,1E-05	0,029589	-0,000149
13	14	0,02841	0,028433	-2,3E-05	0,028361	4,9E-05	0,028545	-0,000135
10	13	0,02436	0,024391	-3,1E-05	0,024309	5,1E-05	0,024471	-0,000111
12	15	0,03482	0,034821	-1E-06	0,034831	-1,1E-05	0,035053	-0,000233
14	15	0,03521	0,035207	3E-06	0,035143	6,7E-05	0,035366	-0,000156
R	4	0,01704	0,017053	-1,3E-05	0,016989	5,1E-05	0,017096	-5,6E-05

Tabela 6 - Menores diferenças em relação aos resultados de fator de atrito de Colebrook-White para a rede malhada.

As equações explícitas cujos resultados mais se aproximaram da perda de carga apresentada pela fórmula de Colebrook-White foram as de Sousa-Cunha-Marques (1999), Zigrang-Silvester (1982), a Segunda equação de Brkić (2011) e a de Sousa-Neto (2014). A equação de Sousa-Cunha-Marques novamente apresentou uma perda de carga total pouco diferente da apresentada pela fórmula de Colebrook-White, apenas 0,007002 m maior.

## 4 | CONCLUSÕES

Para o cálculo do fator de atrito  $f$  da equação universal da perda de carga de Darcy-Weisbach, a fórmula implícita de Colebrook-White, segundo a literatura, ainda é a equação que melhor representa a resistência ao escoamento em uma tubulação, mesmo com o

problema evidente do fator  $f$  ser implícito. As aproximações explícitas existentes ainda encontram problemas quanto à extensão de seus termos, tornando-as cansativas para o uso e, como se verificou, seus resultados podem mostrar-se um pouco distantes do encontrado pela fórmula implícita.

Em vista dos resultados apresentados pela fórmula de Colebrook-White e pelas equações explícitas de fator de atrito selecionadas, observando as duas redes analisadas, recomenda-se o uso das equações de Sousa-Cunha-Marques (1999) e Zigrang-Silvester (1982) como boas aproximações explícitas para o fator de atrito de Darcy-Weisbach. A equação de Sousa-Neto (2014) deve ser utilizada com cautela, pois, nesse trabalho, não foram analisadas rugosidades absolutas do PVC diferentes de 0,0015 mm, e assim os resultados gerados podem não ser satisfatórios. O mesmo vale para valores de número de Reynolds abaixo de 12.000, aproximadamente. A Segunda equação de Brkić (2011), mesmo em vista dos bons resultados, é uma equação bastante extensa para ser utilizada.

Em contrapartida, as equações de Blasius (1913) e de Swamee-Jain (1976) apresentaram valores um pouco mais altos para perda de carga e pressões em relação a todas as outras equações em estudo. Da mesma forma, a equação de Moody (1947) e a Primeira equação de Brkić (2011) exibiram tais valores abaixo dos obtidos pela fórmula de Colebrook-White. Apesar disso, a diferença de seus fatores de atrito para o da equação de Colebrook-White é bem pequena, situando-se na terceira ou quarta casa decimal.

## REFERÊNCIAS

1. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12211**: Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
2. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218**: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, ABNT, 1994.
3. AZEVEDO NETTO, José Martiniano de; FERNANDEZ Y FERNANDEZ, Miguel; ARAUJO, Roberto de; ITO, Acácio Eiji. **Manual de hidráulica**. 8ª ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1998. 670p.
4. CAMARGO, L. A. Equações Explícitas para o Fator de Atrito de Darcy-Weisbach. **Hidrotec Calculator**, 2001. Sítio <[www.hidrotec.xpg.com.br/EquExpli.htm](http://www.hidrotec.xpg.com.br/EquExpli.htm)> acessado em: 25/04/2014.
5. GENIĆ, S. et al. A Review of Explicit Approximations of Colebrook's Equation. **Faculty of Mechanical Engineering Transactions**, Belgrado, v.39, n.2, p.67-71, 2011.
6. MUNSON, B. R.; YOUNG, D. F.; OKIISHI, T. H. **Fundamentos da Mecânica dos Fluidos**. 4ª ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2004. 572p.
7. PORTO, R. M. **Hidráulica básica**. 4. Ed. São Carlos: EESC-USP, 2006. 540 p.
8. SILVA, A. M. F. da C e. Determinação de perda de carga em tubulações de sistemas de abastecimento. **XII Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Natal, 2014. 16p.

9. SOUSA, J. S. C. de; NETO, J. D. Equação Explícita para Cálculo do Fator de Atrito de Darcy-Weisbach em Projetos de Irrigação Pressurizada. **Irriga**, Botucatu, v.19, n.1, p.137-148, jan./mar. 2014.
10. TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de Água**. 3ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643p.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Água 9, 11, 12, 19, 21, 22, 23, 30, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 75, 77, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 117, 118, 126, 127, 128, 129, 132, 133, 134, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 142, 144, 146, 148, 151, 152, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 197, 198, 199, 202, 204, 205, 218, 227, 245

Água pluvial 52, 55, 58, 98, 102, 103, 107, 245

Água potável 9, 52, 53, 55, 89, 91, 98, 99, 103, 107, 185, 186

Água residual artificial 118

Águas subterrâneas 99, 126, 128, 129, 131, 136, 137, 138, 144, 145, 146

Água subterrânea 126, 127, 128, 135, 136, 139, 140, 142, 146

Aproveitamento de água de chuva 56, 59, 60, 98, 99, 101, 108, 245

Atividade floculante 117, 118

Automatização 198

Avaliação de risco 185

### B

Bacia hidrográfica 1, 2, 3, 5, 8, 9, 11, 12, 17, 18, 23, 148, 150, 186, 194

Bacteriologia 109

### C

Captação pluvial 48, 50, 55, 56, 57

Carga orgânica 148, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

Contaminación del agua 172, 175

Coronavírus 233, 234, 235, 242

### D

Desempenho 18, 61, 72, 96, 157, 200, 201, 213, 214, 215

Desenvolvimento urbano 3, 6, 31, 35, 37, 38, 39, 41, 44, 51

Distribuição de água 9, 75, 86, 88, 89, 91, 129, 188

Drenagem urbana 19, 47, 48, 49, 53, 57, 58, 60

### E

Educação ambiental 54, 217, 218, 219, 220, 225, 226, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235,

236, 237, 243

Esgotamento sanitário 9, 12, 61, 65, 148, 151, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 218

Evapotranspiração 198, 199, 200, 203, 204, 205, 206, 212, 213, 214, 215

## **I**

Indicador de revisão tarifária 61

Infraestrutura 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 96, 148, 150, 194

Inundações 12, 16, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 56

## **L**

Legislação 3, 4, 6, 10, 21, 22, 30, 31, 38, 48, 54, 55, 56, 57, 63, 127, 234

## **M**

Medio ambiente 116, 172

Método GOD 126, 128, 130, 132, 133, 135, 136

Microbacia 160, 161

Modelagem computacional 137, 138, 140, 145

Monitoramento 17, 35, 37, 41, 43, 44, 58, 70, 128, 140, 148, 151, 155, 159, 161, 185, 187, 189, 192, 195, 196, 201, 213

## **P**

Perdas de água 88, 91, 92, 94, 96, 97

Porcentagem de remoção 117, 118

## **Q**

Qualidade de água 148, 151, 156, 157

## **R**

Recursos hídricos 3, 17, 22, 30, 40, 51, 57, 58, 59, 73, 88, 89, 90, 91, 92, 96, 97, 98, 99, 126, 127, 135, 136, 145, 149, 150, 156, 158, 159, 173, 176, 184

Regulação econômica financeira 61

Relações ecológicas 233, 234, 235, 236, 240, 241, 242

## **S**

Salud pública 109, 116, 172, 174

Saneamento 1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 32, 39, 61, 62, 63, 66, 69, 70, 72, 73, 92, 96, 97, 126, 128, 148, 150, 151, 152, 157, 158, 159, 185, 186, 187

Software livre 185, 188

Sustentabilidade 19, 26, 31, 33, 34, 37, 38, 39, 43, 44, 60, 61, 62, 63, 64, 69, 72, 96, 97, 98, 108, 220, 222, 223, 224, 245



## **U**

Urbanização 1, 3, 4, 6, 7, 12, 17, 18, 23, 48, 49, 57, 59, 219, 220, 232

Uso e ocupação do solo 3, 6, 17, 21, 31, 34, 35, 37, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 126

## **V**

Vulnerabilidade ambiental 126, 127

## **W**

Web service 185, 186

# Base de Conhecimentos Gerados 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) 

# Base de Conhecimentos Gerados 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) 