

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA SANITÁRIA**



**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA**  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora

Ano 2021

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA SANITÁRIA



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora

Ano 2021

**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  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
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  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
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. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
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  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª 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  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl 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  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª 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. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
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  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
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 Miraniide 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/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina  
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  
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andrezza 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. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
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  
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
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/UFGA  
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 Fenomenología & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lúvia 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  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
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. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
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 Silvío Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



## Coleção desafios das engenharias: engenharia sanitária

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

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

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia sanitária /  
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. –  
Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-225-5

<https://doi.org/10.22533/at.ed.255213006>

1. Engenharia sanitária. I. Paniagua, Cleiseano  
Emanuel da Silva (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)

## 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

O e-book intitulado: “Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia Sanitária” é composto por dezesseis capítulos de livros que foram organizados e divididos em duas grandes áreas: (i) geração, reuso, reciclagem, reaproveitamento e disposição final de resíduos líquidos e sólidos e (ii) gestão de recursos hídricos e saneamento básico (rural e urbano).

O primeiro é composto por nove trabalhos que apresentam temáticas em voga na atualidade, entre os quais: i) descarte inadequado de medicamentos na rede coletora de esgoto residencial; ii) aproveitamento de resíduos da construção civil; iii) avaliação de áreas destinadas a disposição final de resíduos sólidos; iv) a importância da gestão de resíduos sólidos; v) reutilização de esgoto com vistas a sua utilização; vi) o uso de biotecnologia e biomassas de origem vegetal para remoção de contaminantes presentes em diferentes compartimentos aquáticos; vii) proposta de implantação de sistemas de tratamento de águas residuais provenientes de uma usina de materiais recicláveis e viii) estudo de viabilidade financeira do emprego de tratamento térmico de resíduos sólidos provenientes de áreas urbanas.

A segunda grande área apresenta sete trabalhos que apresentam temas, entre os quais: i) a importância da melhor gestão de águas da América Latina e do Caribe; ii) estudo de dimensionamento de drenagem de águas pluviais em área urbana; iii) a importância de se pensar o saneamento rural e urbano em áreas públicas e privadas e iv) estudo de caso de formação de ilhas de calor em áreas urbanas situadas em regiões com alta densidade demográfica. Todos os trabalhos presentes neste e-book procuram evidenciar e chamar a atenção para um problema que afeta a sociedade atual e comprometerá a sobrevivência das gerações vindouras: o excesso de resíduo gerado e depositado no ambiente e falta de recursos hídricos para os diversos usos pela humanidade.

Diante disso, a sociedade atual precisa voltar os olhos para a mudança de práticas e hábitos que comprometem e assolam a humanidade nos tempos atuais e que comprometerá a sobrevivência da espécie humana, podendo ocasionar sua extinção. Neste sentido, a Atena Editora vem trabalhando e buscando cada vez mais proporcionar que pesquisadores não só do Brasil, mas de diferentes países possam contribuir com o conhecimento científico que leve a sociedade a se informar e formar uma consciência coletiva em relação à harmonia entre homem e natureza. Para isso, a editora trabalha em prol de buscar a excelência em publicação de livros e capítulos de livros de acordo com os critérios estabelecidos e exigidos pela CAPES para obtenção do *Qualis* L1 por meio da divulgação de trabalhos em diferentes plataformas digitais e acessíveis de forma gratuita a todos os interessados.

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **A DELICADA E PROBLEMÁTICA RELAÇÃO ENTRE O USO E O DESCARTE INADEQUADO DE MEDICAMENTOS**

Camila de Mello de Micheli  
Talia Rebelatto Dambros  
Fabiana Regina Grigolo Luczkiewicz  
Valdir Eduardo Olivo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130061>

### **CAPÍTULO 2..... 13**

#### **APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO EM USINA DE BRITAGEM EM PORTO VELHO – RO: UM ESTUDO DE CASO NA PRS RECICLADORA**

Eveline Galvan  
Marcela Barbosa de Moraes  
Márcio Augusto Sousa Silva  
Raimundo Amorim Duarte Neto  
Priscylla Lustosa Bezerra  
Naraíel Pereira Ferrari

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130062>

### **CAPÍTULO 3..... 22**

#### **AVALIAÇÃO DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE CONTAGEM – MG COM BASE NO ÍNDICE IQR**

Bruno da Silva Reis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130063>

### **CAPÍTULO 4..... 35**

#### **GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E ROTAS DE TRATAMENTO: UM PANORAMA DO BRASIL E DO MUNDO**

Gustavo Henrique Faria de Araújo  
Liséte Celina Lange  
Vitor Alvarenga Torres

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130064>

### **CAPÍTULO 5..... 50**

#### **DIRETRIZES PARA OBTENÇÃO DE POTABILIDADE DIRETA ATRAVÉS DO REUSO DO ESGOTO**

Eduardo Antonio Maia Lins  
Nayhara Araújo Augusto do Nascimento

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130065>

### **CAPÍTULO 6..... 73**

#### **APLICAÇÃO DE ENZIMAS PEROXIDASES NO TRATAMENTO DE EFLUENTES**

## CONTAMINADOS COM FENOL: UMA REVISÃO

Mariana Gomes Oliveira  
Júlia Nercolini Göde  
Taciana Furtado Ribeiro  
Tháís Agda da Cruz Primo  
Renata Bulling Magro  
Lucas de Bona Sartor  
Emili Louise Diconcilli Schutz  
Alvaro João Zonta Neto  
Cristiane Graciele Kloth  
Everton Skoronski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130066>

## **CAPÍTULO 7..... 80**

### POTENCIALIDADES DA CASCA DE BANANA COMO BIOADSORVENTE DE CONTAMINANTES PRESENTES EM MATRIZES AQUÁTICAS: PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO NO BRASIL E NO MUNDO


Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
Bruno Elias dos Santos Costa  
Nivia Maria Melo Coelho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130067>

## **CAPÍTULO 8..... 92**

### PROPOSIÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM UMA UNIDADE DE RECICLAGEM DE PLÁSTICOS NO MUNICÍPIO DE TRINDADE, GOIÁS

Ana Luiza Duarte de Abreu  
Rosana Gonçalves Barros  
Sandro Moraes Pimenta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130068>

## **CAPÍTULO 9..... 111**

### VIABILIDADE FINANCEIRA, BENEFÍCIOS AMBIENTAIS E ENERGÉTICOS COM O TRATAMENTO TÉRMICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NOS MUNICÍPIOS OPERADOS PELA SABESP NA RMSP

Rodrigo Chimenti Cabral

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2552130069>

## **CAPÍTULO 10..... 142**

### ESTUDO DE CASO: DIMENSIONAMENTO DE MICRODRENAGEM PARA UMA REGIÃO DO CENTRO DO MUNICÍPIO DE SÃO LEOPOLDO- RS

Luana dos Santos Pinheiro  
José Carlos Alves Barroso Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300610>

## **CAPÍTULO 11 ..... 157**

### SANEAMENTO RURAL NO ESTADO DO PARÁ: PANORAMA, GESTÃO E TECNOLOGIAS

## ALTERNATIVAS PARA MUNICÍPIOS COSTEIROS

Hyago Elias Nascimento Souza

Eduardo Ribeiro Marinho

Carlos José Capela Bispo

Elzelis Muller da Silva

Antônio Pereira Júnior

Aline Souza Sardinha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300611>

## **CAPÍTULO 12..... 170**

### **ANÁLISE DOS IMPACTOS OCACIONADOS PELA FALTA DE SANEAMENTO EM TRECHO ANTROPORIZADO DO RIO SALGADO**

Nayanne Maria Gonçalves Leite

Maria Isabel Ferreira dos Santos

Layane Moura Rodrigues

Guilherme Rodrigues Gomes

Rafael Roberto da Silva

Antonio Rondinely da Silva Pinheiro

Luan Alves Furtado

Jully Samara Ferreira de Carvalho

Maíra da Mota Gomes

Edilaine Araújo de Moraes

George do Nascimento Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300612>

## **CAPÍTULO 13..... 180**

### **DESARROLLO HUMANO Y AGUA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: HACIA LA GESTIÓN REGIONAL DEL AGUA**

José Luis Montesillo-Cedillo

Miguel Angel Cruz-Vicente

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300613>

## **CAPÍTULO 14..... 191**

### **INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DE REDES CONDOMINIAIS DE ESGOTOS SANITÁRIOS: UMA DISCUSSÃO CONCEITUAL SOBRE A UTILIZAÇÃO DE ESPAÇOS PÚBLICO E PRIVADO**

Maria Teresa Chenaud Sá de Oliveira

Luiz Roberto Santos Moraes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300614>

## **CAPÍTULO 15..... 202**

### **USO DE MODELAGEM ESTOCÁSTICA PARA AVALIAR O IMPACTO DA GESTÃO DA DEMANDA**

Vanessa Silva Santos

Bruna Katarina Pereira de Azevedo

Anderson de S. M. Gadéa


Eduardo Cohim

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300615>

**CAPÍTULO 16.....212**

**ANÁLISE DE ILHAS DE CALOR EM BAIROS ADJACENTES – ESTUDO DE CASO NA CIDADE DO RECIFE**

Eduardo Antonio Maia Lins  
Giselle de Freitas Siqueira Terra  
Sérgio de Carvalho Paiva  
Raphael Henrique dos Santos Batista  
Camilla Borges Lopes da Silva  
Julia Ximenes Botelho de Melo  
Laura Grazielly Silva Candeias  
Ana Beatriz Lima de Albuquerque  
Marianna Dayane Alves de Souza dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25521300615>

**SOBRE O ORGANIZADOR.....221**

**ÍNDICE REMISSIVO.....222**

## DESARROLLO HUMANO Y AGUA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: HACIA LA GESTIÓN REGIONAL DEL AGUA

*Data de aceite: 23/06/2021*

*Data de submissão: 30/03/2021*

### **José Luis Montesillo-Cedillo**

Universidad Autónoma del Estado de México,  
Centro de Investigación Multidisciplinario en  
Educación  
Toluca, Estado de México, México  
<http://orcid.org/0000-0001-9605-8001>

### **Miguel Angel Cruz-Vicente**

Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad  
de Turismo  
Acapulco, Guerrero, México  
<https://orcid.org/0000-0001-8401-0406>

**RESUMO:** O objetivo deste artigo foi analisar a relação dos recursos hídricos renováveis totais e da oferta de água potável de fontes melhoradas na América Latina e no Caribe com as variáveis que compõem o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), por meio do coeficiente de correlação de Pearson. Para tanto, foi aplicada a metodologia padrão na estimativa do referido coeficiente estatístico; além de propor a gestão regional da água para os possíveis efeitos negativos das mudanças climáticas, uma vez que o ciclo da água não reconhece fronteiras políticas. Concluiu-se que o total de água renovável não tem relação com o índice de desenvolvimento humano (IDH), renda per capita ou expectativa de vida ao nascer ou anos de escolaridade; mas beber água de fontes melhoradas está positivamente relacionada a

essas variáveis. Finalmente, argumenta-se a favor da gestão regional da água com base em sua situação anterior e atual semelhante, e nos tratados transfronteiriços existentes entre os países da América Latina e o Caribe.

**PALAVRAS-CHAVE:** Recursos hídricos renováveis, gestão integrada da água, escassez, América Latina e Caribe.

### HUMAN DEVELOPMENT AND WATER IN LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN: TOWARDS REGIONAL WATER MANAGEMENT

**ABSTRACT:** The objective of this article was to analyze the relationship of total renewable water resources and the supply of drinking water from improved sources in Latin America and the Caribbean with the variables that make up the Human Development Index (HDI), through the Pearson's correlation coefficient. For this, the standard methodology was applied in the estimation of said statistical coefficient; as well as proposing regional water management to the possible negative effects of climate change, since the water cycle does not recognize political boundaries. It was concluded that total renewable water is not related to the human development index (HDI) or per capita income or life expectancy at birth or years of schooling; but drinking water from improved sources it is positively related to these variables. Finally, it is argued in favor of regional water management based on its similar past and current situation, and on existing transboundary water treaties between the Latin American countries and the Caribbean.

**KEYWORDS:** Renewable water resources,



integrated water management, scarcity, Latin America and the Caribbean.

## 1 | INTRODUCCIÓN

América Latina y el Caribe están conformadas por 33 países; su población conjunta asciende a 640,227,860 de acuerdo con datos de 2017; su densidad población media es de 138 habitantes por kilómetro cuadrado; su tasa media de urbanización es de 55.44%; su promedio de esperanza de vida al nacer es de 74.6 años, y su media de Ingreso Nacional Bruto (INB) *per cápita* en unidades de paridad de poder de compra en 2017 alcanzó los 13,280.54 dólares americanos a precios de 2011, tal y como se puede observar en la Tabla 1. A pesar de lo anterior, es preciso tener presente que la región bajo estudio alberga grandes contrastes (deseables e indeseables), tanto de biodiversidad como económicos y sociales.

País	Población total (1000 hab), 2017+	Densidad de población (hab/km <sup>2</sup> ), 2017+	Recursos hídricos renovables totales (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año), 2017+	Población con acceso al agua potable saludable (%), 2015+	Índice de Desarrollo Humano (IDH), 2017++	Esperanza de vida al nacer, 2017++	Años promedio de escolaridad, 2017++	Ingreso nacional bruto (INB) per cápita. PPA en \$ de 2011, 2017++
Belice**	374.7	16.31	21.73	99.5	0.708	70.6	10.5	7,166
Guatemala***	16,914	155.3	127.9	92.8	0.650	73.7	6.5	7,278
Honduras***	9,265	82.36	92.16	91.2	0.617	73.8	6.5	4,215
Haití	10,981	395.7	14.03	57.7	0.498	63.6	5.3	1,665
República Dominicana**	10,767	221.2	23.5	84.7	0.736	74	7.8	13,921
Antigua y Barbuda	102	231.8	0.052	97.9	0.780	76.5	9.2	20,764
Bahamas*	395.4	28.49	0.7	98.4	0.807	75.8	11.1	26,681
Barbados*	285.7	664.4	0.08	99.7	0.800	76.1	10.6	15,843
Granada	107.8	317.1	0.2	96.6	0.772	73.8	8.7	12,864
Saint Kitts y Nevis	55.34	212.8	0.024	98.3	0.778	74.4	8.2	23,978
San Vicente y las Granadinas	109.9	281.8	0.1	95.1	0.723	73.3	8.6	10,499
Trinidad y Tobago	1,369	266.9	3.84	95.1	0.784	70.8	10.9	28,622
Guyana***	777.9	3.619	271	98.3	0.654	66.8	8.4	7,447
Surinam	563.4	3.439	99	94.8	0.720	71.5	8.5	13,306
Chile*	18,055	23.86	923.1	99	0.843	79.7	10.3	21,910
Paraguay**	6,811	16.74	387.8	98	0.702	73.2	8.4	8,380
Argentina*	44,271	15.92	876.2	99.1	0.875	76.7	9.9	18,461
Bolivia***	11,052	10.06	574	90	0.693	69.5	8.9	6,714

Brasil**	209,288	24.58	8,647	98.1	0.759	75.7	7.8	13,755
Colombia**	49,066	42.97	2,360	91.4	0.747	74.6	8.3	12,938
Costa Rica**	4906	96.01	113	97.8	0.794	80	8.7	14,636
Cuba**	11,485	104.5	38.12	94.9	0.777	79.9	11.8	7,524
Dominica**	73.92	98.56	0.2		0.715	78	7.8	8,344
Ecuador**	16,625	64.85	442.4	86.9	0.752	76.6	8.7	10,347
El Salvador***	6,378	303.1	26.27	93.8	0.674	73.8	6.9	17,789
Jamaica	2,890	263	10.82	93.8	0.732	76.1	9.8	7,846
México**	129,163	65.75	461.9	96.1	0.774	77.3	8.6	16,944
Nicaragua***	6,218	47.7	164.5	87	0.658	75.7	6.7	5,157
Panamá**	4,099	54.35	139.3	94.7	0.790	78.2	10.2	19,178
Perú**	32,165	25.03	1880	86.7	0.750	75.2	9.2	11,789
Santa Lucía	178.8	288.4	0.3	96.3	0.747	75.7	8.9	11,695
Uruguay*	3,457	19.62	172.2	99.7	0.804	77.6	15.9	19,930
Venezuela**	31,977	35.06	1325	93.1	0.761	74.7	10.3	10,672
<b>Total</b>	<b>640,226.86</b>	<b>4481.278</b>	<b>19196.426</b>	<b>2996.5</b>	<b>24.374</b>	<b>2462.9</b>	<b>297.9</b>	<b>438,258</b>
<b>Media</b>	<b>19,400.81</b>	<b>135.80</b>	<b>581.71</b>	<b>90.80</b>	<b>0.740</b>	<b>74.63</b>	<b>9.03</b>	<b>13,280.55</b>

Nota: \* indica índice de desarrollo humano muy alto; \*\* alto; \*\*\* medio y, el del resto de los países es bajo.

+ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2018). Índices e indicadores de desarrollo humano. Actualización estadística de 2018.

Tabla 1. Población, densidad poblacional, recursos hídricos renovables totales e IDH en América Latina y el Caribe.

Fuente: + FAO (2019). Base de Datos Principal AQUASTAT. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

El objetivo del presente artículo es analizar la relación de los recursos hídricos renovables totales y el suministro de agua potable proveniente de fuentes mejoradas en América Latina y el Caribe con las variables que conforman el Índice de Desarrollo Humano (IDH), por medio del coeficiente de correlación simple de *Pearson*; al igual que proponer una gestión regional del agua ante los posibles efectos negativos del cambio climático, toda vez que el ciclo hídrico no reconoce fronteras políticas.

## 2 I AGUA Y DESARROLLO HUMANO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

De acuerdo con Pochat, V., Donoso, M & Saldarriaga, J (2018, 4), “La población está heterogéneamente distribuida, con zonas escasamente pobladas –en extensas áreas de selvas tropicales (Amazonia), en el desierto de Atacama y en porciones glaciales de la Patagonia– y regiones de alta densidad poblacional, como las regiones metropolitanas de San Pablo, Río de Janeiro y Buenos Aires, superando cada una los 10 millones de

habitantes”, Santiago de Chile y Ciudad de México, entre otras.

América Latina y el Caribe cuentan con alrededor del 32% de los recursos hídricos renovables del planeta –porque se renuevan año con año por medio del ciclo hídrico (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], Sistema Nacional de Información del Agua)–, y de acuerdo con el tamaño de su población total, registran una disponibilidad de 3,100 m<sup>3</sup> por persona/año, monto que representa lo doble de la disponibilidad en el resto del mundo, y se posiciona como la región con la disponibilidad *per cápita* de agua renovable más alta del mundo, tal y como se puede observar en la Figura 1. No obstante, debemos tener presente que organismos internacionales como el Banco Mundial (BM, 2019), la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (FAO, por sus siglas en inglés, 2020), entre otros, proyectan o estiman una creciente escasez atribuible al cambio climático, al crecimiento poblacional y al cambio en los patrones de consumo.

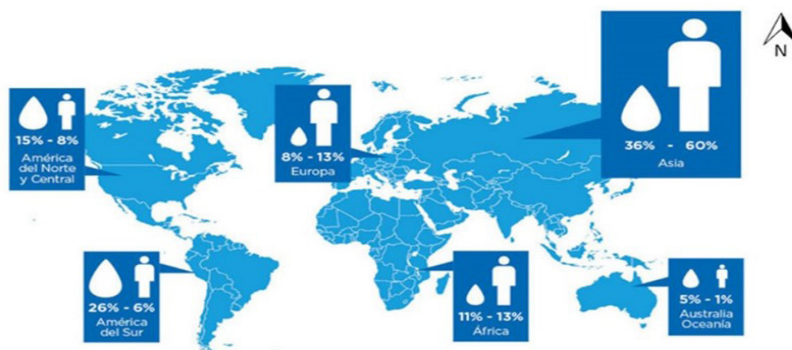


Figura 1: Relación entre disponibilidad de agua y población por continente.

Fuente: tomado de aquabook.

De acuerdo con la información disponible respecto de la riqueza mundial por país en 2017, América Latina y el Caribe, en términos generales, estaban igual que África o Asia, Figura 2. En consecuencia, ya se puede inferir que la disponibilidad de agua renovable no está relacionada con la riqueza económica, medida en términos monetarios.



Figura 2. La riqueza mundial por país en 2017.

Fuente: Bankinter. Blog de referencia financiera.

El coeficiente de correlación simple de *Pearson* se presenta en la Tabla 2; con base en los resultados obtenidos se puede decir que los recursos hídricos renovables totales y el IDH no tienen relación alguna, al igual que con la esperanza de vida al nacer, años de escolaridad e ingreso *per cápita*, porque dicho coeficiente tiende a cero y el nivel de significancia es superior a 0.05. En suma, los recursos hídricos renovables, desde la perspectiva estadística, no tiene ninguna relación con el desarrollo humano. Lo cual fue constado para el Estado de México, México, por Montesillo-Cedillo (2011).

Variabes	Recursos hídricos renovables totales	Población con acceso al agua potable saludable
Recursos hídricos renovables	1.0000	0.074067 (0.6870) *
IDH	0.110843 (0.5459) *	0.701678 (0.0000) *
Esperanza de vida al nacer	0.095388 (0.6035) *	0.520568 (0.0023) *
Años de escolaridad	-0.101773 (0.5794) *	0.515999 (0.0025) *
Ingreso <i>per cápita</i>	-0.004549 (0.9803) *	0.482725 (0.0051) *

Nota: \* nivel de significancia del coeficiente de correlación simple de *Pearson*.

Tabla 2. Correlación de *Pearson* de los recursos hídricos renovables con la población con acceso al agua potable saludable, el IDH, la esperanza de vida al nacer, años de escolaridad e ingreso *per cápita* en unidades de poder de compra en dólares de 2011 en América Latina y el Caribe.

Fuente: elaboración propia con base en los datos de la tabla 1. La estimación del coeficiente de correlación simple de *Pearson* se realizó con el paquete econométrico *Eviews 11*.

Por su parte, dicho coeficiente de correlación entre la población con acceso al agua

potable saludable y los recursos hídricos renovables totales señala que no tienen relación alguna. Sin embargo, no debemos pasar por alto que invariablemente será más probable contar agua potable si se tienen fuentes de donde obtenerla.

La relación entre la población con acceso al agua potable saludable y el IDH, la esperanza de vida al nacer, años de escolaridad e ingreso *per cápita* sí tienen relación positiva, porque dicho coeficiente tiende a uno y el nivel de significancia es inferior a 0.05. En consecuencia, se puede decir que el acceso al agua potable saludable potencia el desarrollo humano, y que una manera de aumentarlo en América Latina y el Caribe sería mediante el incremento de la cobertura de dicho servicio. Aunque debemos tener presente que “el problema es que algunas personas, en particular los pobres, quedan sistemáticamente excluidas del acceso al agua a causa de la pobreza, de los limitados derechos que les reconoce la ley o de políticas públicas que restringen su acceso a las infraestructuras de abastecimiento de agua para la vida y el sustento”. (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2011, p.15)

### 3 | HACIA UNA GESTIÓN REGIONAL DEL AGUA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

En términos generales, América Latina y el Caribe no padecen estrés hídrico; la población con acceso a fuentes mejoradas de agua potable es superior al 80%; al igual que el acceso a servicios de saneamiento mejorados, tal y como se puede observar en las Figuras 3, 4 y 5.

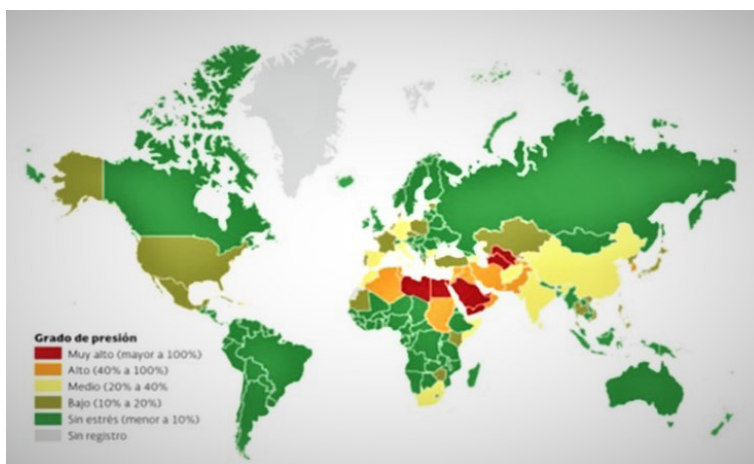


Figura 3. Grado de presión sobre los recursos hídricos.

Fuente: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2018). Estadísticas del agua en México, p. 220.



Figura 4. Acceso a fuentes mejoradas de agua potable.

Fuente: CONAGUA. (2018). Estadísticas del agua en México, p. 221.



Figura 5. Acceso a servicios de saneamiento mejorados.

Fuente: CONAGUA. (2018). Estadísticas del agua en México, p. 223.

No obstante, el nivel de cobertura, el acceso a fuentes mejoradas de agua y al servicio de saneamiento mejorados, se debe tener presente que:

Aún son muchas las personas sin acceso a suministros de agua e instalaciones de saneamiento gestionados de manera segura. La escasez de agua, las inundaciones y la falta de gestión adecuada de las aguas residuales menoscaban el desarrollo social y económico. Es crucial un aumento del uso eficiente de los recursos hídricos y la mejora de su gestión para equilibrar las crecientes y concurrentes demandas de agua de numerosos sectores y usuarios. (UN [Naciones Unidas], 2018, 7)

De acuerdo con el Índice de Pobreza Hídrica (IPH), en cuya elaboración se incluyen factores físicos y socioeconómicos relacionados con su disponibilidad, porque resulta de

la suma de cinco componentes clave: recursos hídricos, acceso al agua, uso del agua, capacidad y ambiente, en una escala de evaluación de 0 a 100; constituye una herramienta de diagnóstico de la oferta y de la demanda hídrica fundamentalmente para la planificación de tierras secas y degradadas (Sullivan, *et al.*, 2003; de Salles & Paes, 2016 ). Con base en dicho índice, se puede decir que América Latina y el Caribe se encuentran en un nivel medio en cuanto a pobreza hídrica, tal y como se puede observar en la Figura 6.

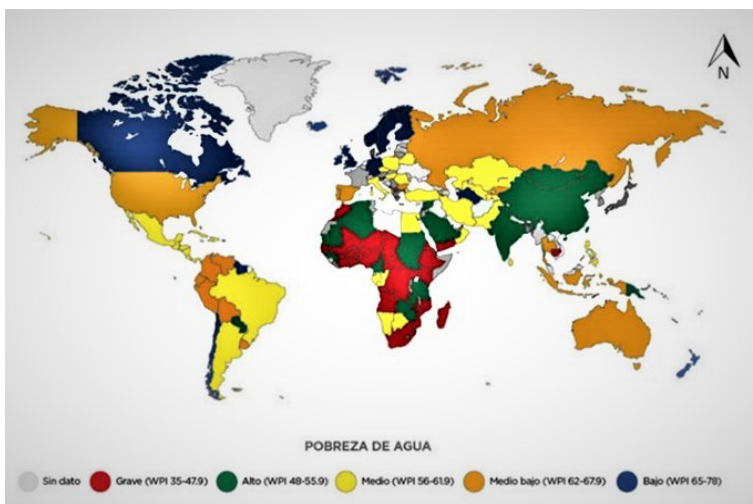


Figura 6. Índice de Pobreza Hídrica ([IPH] [WPI, por sus siglas en inglés]) en escala mundial.

Fuente: tomado de aquabook.

Si bien América Latina y el Caribe no padecen estrés ni pobreza hídrica en términos generales, y en los últimos años la cobertura del servicio de agua potable ha aumentado, aunque en saneamiento lo ha hecho a una tasa menor, y al nivel “rural las coberturas son menores en toda la subregión, con relación a aquellas de las zonas urbanas, excluyendo las periferias” (Pochat, *et al.*, 2018, p.6). Estos rezagos “no sólo afectan negativamente la salud y dignidad de las personas, sino además dificultan la lucha contra la pobreza e indigencia, limitan oportunidades de desarrollo socioeconómico y causan daño al medio ambiente” (PNUD, 2018, p.7), aparte de la amenaza que representa para la humanidad el cambio climático, y con él la posible disminución masiva de la biodiversidad, el agotamiento de los recursos de la tierra y el agua dulce” (PNUD, 2018, p.iii). Además, como es sabido por todos, la carencia de agua reduce el bienestar, la riqueza de la población y su desarrollo; al igual que su abundancia (inundaciones y fenómenos hidrometeorológicos).

Para poder hacer frente a los posibles riesgos que trae consigo el cambio climático, es preciso reconocer que el ciclo del agua no reconoce fronteras políticas, culturales, económicas, etc., al igual que no reconoce la manera segmentada, compartimentalizada

por especialización de acuerdo con la formación profesional universitaria para su estudio y gestión, lo cual dificulta la comprensión de su evolución y comportamiento bio-físico-antropo-político-económico-social porque “existe una falta de adecuación cada vez más amplia, profunda y grave entre nuestros saberes disociados, parcelados, compartimentados entre disciplinas, y por otra parte, realidades o problemas cada vez más pluridisciplinarios, transversales, multidimensionales, transnacionales, globales, planetarios” (Morin, 2012, p.13).

Ante la globalización-mundialización y el cambio climático del planeta; la gradual eliminación de las fronteras al comercio mundial; resulta pertinente la gestión del agua, en un primer momento, por región, hasta llegar a su gestión mundial. Lo cual, para América Latina y el Caribe, puede ser facilitado por el origen y evolución comunes de la región –pasado, idioma, mitos, leyendas, religión, ciencia y tecnología–, además de que todos los países que la conforman “coinciden en la adopción de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) como el modelo prevalente para llevar a cabo la compleja tarea de gestión de los recursos hídricos” (Pochat, *et al.*, 2018, p.17). También, en el 8° Foro Mundial de Agua –realizado en marzo de 2018 en Brasil– los representantes de los países que conforman la región coincidieron en seguir avanzando en la gestión compartida y participativa de los recursos transfronterizos.

Lo cual concuerda con los postulados de la ONU (2020) ya que “aboga por una gestión mejorada del agua, respaldada por una gobernanza eficaz e instituciones sólidas que garanticen los derechos de todos al preciado líquido.”

Finalmente, si se avanza en la gestión conjunta del agua en América Latina y el Caribe se potenciará el desarrollo humano de la región.

## 4 | CONCLUSIONES

América Latina y el Caribe cuentan con la disponibilidad *per cápita* de agua renovable total más alta del mundo. Sin embargo, de acuerdo con los resultados del coeficiente de correlación simple de *Pearson* entre dicha disponibilidad y el índice de desarrollo humano no existe relación alguna, al igual que con los componentes –esperanza de vida al nacer, ingreso per cápita y años promedio de escolaridad– de dicho índice.

Con base en el coeficiente de correlación simple de *Pearson*, en América Latina y el Caribe el agua renovable anual no tiene relación con los niveles de cobertura de agua potable proveniente de fuentes mejoradas.

La cobertura del servicio de agua potable proveniente de fuentes mejoradas potencia el desarrollo humano en América Latina y el Caribe, porque el coeficiente de correlación simple de *Pearson* entre dicha cobertura y el IDH, al igual que con sus componentes, tiende a uno y es significativo.

Finalmente, América Latina y el Caribe no padecen pobreza ni estrés hídrico. Sin



embargo, debido a los posibles efectos negativos del cambio climático, se precisa de una gestión regional del recurso. Lo cual puede ser facilitado por el pasado y situación similares de la región.

## REFERENCIAS

Bankinter. **Blog de referencia financiera**. Recuperado de <https://blog.bankinter.com/economia/-/noticia/2018/1/9/riqueza-mundo-informe-credit-suisse-2017.aspx>

BM. (2019). **Agua. Panorama general**. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>

Caroline A Sullivan and Hatem Jemmali. (2014). **"Toward understanding water conflicts in Mena region: a comparative analysis using water poverty index"**. Working Paper 859. Economic Research Forum. November 2014. Recuperado de <https://erf.org.eg/wp-content/uploads/2015/12/859.pdf>

CONAGUA. (2018). **"Estadísticas del Agua en México, edición 2018"**. Recuperado de [www.gob.mx/conagua](http://www.gob.mx/conagua)

CONAGUA. **"Sistema Nacional de Información del Agua"**. Recuperado de <http://sina.conagua.gob.mx/sina/index.php?p=2>

de Salles Freitas dos Santos, R. & Paes Ferreira, M. I. (2016). **Índice de Pobreza Hídrica e sua adaptação às condições da comunidade de Gargaú, São Francisco do Itabapoana/RJ. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, Campos dos Goytacazes/RJ**, 10(2), 191-206. DOI: 10.19180/2177-4560.v10n22016p191-206

FAO. (2020). **The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture**. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb1447>

FAO. (2019). **Base de Datos Principal AQUASTAT**. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Recuperado de <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=es>

Montesillo-Cedillo, J.L. (2011). **Water and human development in the State of Mexico**. *Economía, Sociedad y Territorio*, xi (37), 759-786. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-84212011000300009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212011000300009)

Morin, E. (2012). **"La cabeza bien puesta. Repensar la reforma. Reformar el pensamiento"**, 1ª edición 5ª reimpresión, Buenos Aires, nueva visión, pp. 1-96.

UN. (2018). **"Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2018"**, New York, 2018, pp. 1-40.

OMS. (2017). **OMS-Unicef: 3 de 10 personas en el mundo carecen de acceso a agua potable en el hogar**. Recuperado de <http://www.ipsuss.cl/ipsuss/actualidad/oms-unicef-3-de-10-personas-en-el-mundo-carecen-de-acceso-a-agua/2017-07-18/162709.html>

ONU. (2011). Derechos Humanos. **El derecho al agua**. Recuperado de <https://www.ohchr.org/documents/publications/factsheet35sp.pdf>

ONU. (2020). **El agua, un recurso que se agota por el crecimiento de la población y el cambio climático**. Recuperado de <https://news.un.org/es/story/2020/11/1484732>

Pochat, V. Donoso, M & Saldarriaga, J. (2018). “**Proceso regional de las Américas. Foro Mundial de Agua 2018. Informe Subregional**”. Banco Interamericano de Desarrollo-CEPAL, Universidad de los Andes. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/images/Informesubregionalsudamerica.pdf>

PNUD. (2018). “**Índices e indicadores de desarrollo humano**. Actualización estadística de 2018”. Recuperado de [http://hdr.undp.org/sites/default/files/2018\\_human\\_development\\_statistical\\_update\\_es.pdf](http://hdr.undp.org/sites/default/files/2018_human_development_statistical_update_es.pdf)

Sullivan, C. A. (2002). “**Calculating a water poverty index**”. *World Development*, 30(7), 1195-1210. Recuperado de <https://www.ircwash.org/sites/default/files/Sullivan-2002-Water.pdf>

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adsorção 74, 76, 84, 85, 86, 88, 91

Água potável 50, 51, 52, 71, 109, 174, 180

Água residual 92, 93, 94, 97

Águas pluviais 24, 25, 32, 36, 112, 142, 151, 152, 155, 156, 158, 163, 167, 174

Antibióticos 1, 4, 6, 7, 10, 86

Aproveitamento 13, 15, 21, 80, 111, 112, 113, 119, 120, 121, 123, 126, 127, 128, 137, 139, 140, 167, 209

Área de preservação permanente 159, 173, 174, 176, 178, 179

Aterros controlados 24, 35, 41, 111, 112, 115, 133, 135

Aterros sanitários 17, 22, 23, 24, 25, 34, 35, 37, 41, 43, 44, 47, 48, 80, 111, 116, 118, 120, 121, 133, 138, 139

### B

Bioadsorvente 80, 83, 86, 221

Biomassa 37, 55, 80, 83, 90, 123, 129, 130, 131, 132

### C

Cloração 50, 63, 70

Cloretos 50, 57

Coliformes fecais 92, 100, 106

Coliformes totais 98, 99

Combustíveis fósseis 36, 46, 129

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB 115, 116, 117, 139

Compostagem 41, 44, 100, 112, 157, 167, 168

Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 5, 11, 108, 120, 171

Construção civil 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 30, 33, 36, 114

Contaminantes 1, 51, 80, 83, 86, 88, 89, 94, 221

Co-processamento 47

Corpos d'água 3, 10, 23, 33, 37, 159, 174, 175

Corpos hídricos 1, 37, 74, 76, 178

### D

Demanda bioquímica de oxigênio 50, 57, 64, 98, 99, 106

Demanda química de oxigênio 50, 57, 98, 99, 106

Descarte irregular 1

Desenvolvimento sustentável 38, 46, 168

Desinfecção 50, 57, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 106, 121

Digestão anaeróbica 43

Drenagem 18, 24, 25, 26, 27, 32, 33, 108, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 155, 156, 164, 165, 167, 174

## **E**

Efluente 50, 52, 54, 55, 56, 57, 62, 65, 66, 70, 74, 77, 79, 92, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109

Emissões atmosféricas 212, 213

Enzimas 62, 73, 74, 75, 76, 77

Esgotamento sanitário 112, 157, 158, 159, 162, 163, 167, 171, 173, 174, 175, 176, 192, 199, 200, 201

## **F**

Fontes renováveis 37, 41

## **G**

Gaseificação 41, 42, 43, 45, 47, 112, 121, 123, 124, 125

Gerenciamento dos resíduos 10, 20, 23, 34, 47

Granulometria 17, 18, 85

## **H**

Hormônios 7, 86, 87, 88, 89

## **I**

Incineração 6, 42, 43, 45, 47, 63, 112, 121, 122, 123, 139, 140

Índice de Desenvolvimento Humano - IDH 180

## **L**

Lagoas de maturação 50, 66, 70

Lençóis freáticos 5, 22, 23

Lixões 24, 35, 37, 41, 80, 111, 112, 115, 135

## **M**

Macrodrenagem 143

Matéria prima 13, 14, 20, 36, 42, 48, 90, 92, 95, 112

Matriz energética 35, 36, 38, 41, 46, 112, 121, 130

Medicamentos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Meio ambiente 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 21, 24, 27, 34, 37, 48, 52, 62, 73, 75, 92, 94, 98, 107, 108, 111, 120, 122, 129, 134, 135, 138, 139, 140, 156, 157, 165, 168, 171, 174, 175, 178, 179

Microdrenagem 142, 143, 144, 146, 147, 148, 150, 152, 154, 155

## **P**

Pirólise 42, 45, 47, 112, 121, 124

Política nacional de resíduos sólidos 1, 11, 23, 49, 112, 120

Processos convencionais de tratamento 67, 80

## **R**

Reciclagem 14, 15, 17, 18, 21, 36, 47, 92, 93, 95, 98, 100, 101, 107, 108, 109, 112, 119, 122, 139

Recursos hídricos 3, 52, 66, 87, 89, 94, 99, 108, 157, 173, 174, 175, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 203, 209

Recursos naturais 14, 15, 20, 46, 93, 157

Resíduos 1, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 55, 64, 76, 98, 100, 107, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 132, 133, 135, 137, 138, 139, 140, 143, 157, 158, 159, 160, 163, 164, 165, 166, 167, 171, 174, 176, 221

Resíduos da construção civil 15, 16, 21, 114

Resíduos industriais 28, 33, 114, 122

Resíduos sólidos urbanos 14, 22, 23, 24, 25, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 46, 48, 100, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 132, 133, 137, 138, 139, 140, 163

Reutilização 14, 33, 36, 112, 167, 221

## **S**

Saneamento básico 22, 36, 52, 111, 112, 113, 116, 117, 133, 137, 138, 139, 140, 157, 158, 159, 160, 162, 164, 165, 166, 168, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 178, 179, 191

Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP 140

Saneamento rural 157, 158, 160, 162, 164, 165, 166, 167, 168

Socioambiental 160

Sólidos dissolvidos totais 50, 57, 59, 66, 70

Sólidos suspensos totais 50, 57, 60

## **T**

Toxicidade 66, 70, 73, 74, 77

Tratamento térmico 111, 112, 113, 120, 121, 124, 125, 126, 127, 128, 133, 135, 137, 138

## **U**

Urbanização 34, 143, 159, 194, 217

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA 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)



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

**Atena**  
Editora

Ano 2021

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA 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)



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

**Atena**  
Editora

Ano 2021