

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

**ENGENHARIA SANITÁRIA 2**



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

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

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

**ENGENHARIA SANITÁRIA 2**



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

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.

Open access publication by Atena Editora



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 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 Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

**Diagramação:** Daphynny Pamplona  
**Correção:** Amanda Costa da Kelly Veiga  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

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

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia sanitária 2 /  
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 978-65-5983-537-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.379211310>

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

## 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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

O e-book: “Coleção desafios das engenharias: Engenharia Sanitária 2” é constituído por vinte e cinco capítulos de livros que foram devidamente selecionados por membros que integram o corpo editorial da Atena Editora. Diante disso, este e-book foi dividido em quatro unidades temáticas de grande relevância.

A primeira é constituída por sete capítulos que tratam da importância de se monitorar os parâmetros físico-químicos e biológicos da água destinada ao abastecimento público, provenientes de águas superficiais ou subterrâneas (poço artesiano). Por ser um recurso natural e cada vez mais escasso em termos de padrões de potabilidade, faz-se necessário a adoção de uma consciência coletiva que leve a redução do consumo *per capita* a nível mundial.

Os capítulos de 8 a 15 apresentam estudos que reforçam a importância de se investigar alternativas a fim de se estabelecer melhores condições de confinamento, destinação final e desaguamento do lodo gerado na ETA. Além disso, é apresentada a importância de melhorar e empregar técnicas de tratamento de efluente hospitalar e provenientes de instituições de ensino.

A terceira temática apresenta trabalhos que tratam da importância do conhecimento sobre resíduos na formação de futuros profissionais da biologia. Outro estudo apresenta a importância e o devido reconhecimento que os catadores de recicláveis representam para a sociedade e que contribuem para a política reversa de materiais recicláveis. Já outros trabalhos, procuram avaliar o uso de lodo de ETA e de rejeitos da mineração como matéria-prima a ser incorporada em substituição aos extraídos da natureza. Por fim, é apresentado um trabalho que validou uma metodologia QuEChERS-CLAE/FL na determinação do antibiótico Tetraciclina em cama de aviários.

O último tema é composto por quatro trabalhos que reportam a utilização de biomassa tanto para remoção de cor de águas residuárias, quanto como matéria-prima para a produção de bioetanol. Além disso, apresenta um trabalho que traz uma discussão em voga em relação aos possíveis riscos associados à utilização de agrotóxicos e por último um trabalho que trata do desenvolvimento de estratégias de *designs* para o reuso de espaços urbanos abertos para o público como espaços de acesso ao público.

Diante desta variedade de estudos, provenientes de pesquisadores (as) de diferentes partes do Brasil e com contribuições provenientes de pesquisadores de Portugal e da Itália, a Atena Editora publica e disponibiliza de forma gratuita em seu *site* e em outras plataformas digitais, contribuindo para a divulgação do conhecimento científico gerado nas instituições de ensino do Brasil e de outros países. Assim, a Atena Editora vem trabalhando, buscando, estimulando e incentivando cada vez mais os pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros ou capítulos de livros.

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS PRINCIPAIS TRIBUTÁRIOS AO SISTEMA LAGUNAR DE ITAIPU-PIRATININGA**

Flávia Cipriano Dutra do Valle

Wilson Thadeu Valle Machado

Mônica de Aquino Galeano Massera da Hora

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113101>

### **CAPÍTULO 2..... 12**

#### **ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PINHAL - RS**

Ronaldo Sartoretto

Samuel Lunardi

Marcelle Martins

Dienifer Stahlhöfer

Willian Fernando de Borba

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113102>

### **CAPÍTULO 3..... 23**

#### **ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS ARTESIANOS: UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO**

Madalena Teixeira Soares

Manuel Santos da Costa

Mariano Carvalho de Souza

Marijara Serique de Almeida Tavares

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113103>

### **CAPÍTULO 4..... 36**

#### **OS INDICADORES AMBIENTAIS: MELHORIA NA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO**

Yasmin Rodrigues Gomes

Lilian Levin Medeiros Ferreira da Gama

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113104>

### **CAPÍTULO 5..... 44**

#### **COMPARATIVO FINANCEIRO DO CONSUMO DE ÁGUA EM ESCOLAS NAS MICRORREGIÕES SERGIPANAS**

Zacarias Caetano Vieira

Carlos Gomes da Silva Júnior

Rayana de Almeida Novais

Paulo Cicero de Jesus Carvalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113105>

<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>55</b>
<b>DIMENSIONAMENTO DE BARRAGEM PARA O ABASTECIMENTO DE SÃO MATEUS-ES</b>	
Aloísio José Bueno Cotta Renato Pereira de Andrade Honerio Coutinho de Jesus Paloma Francisca Pancieri de Almeida	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113106">https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113106</a>	
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>66</b>
<b>PROPOSTAS DE MELHORIAS NO SISTEMA CAPTAÇÃO, TRATAMENTO, ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL NA ÁREA URBANA E RURAL NO MUNICÍPIO DE PATROCÍNIO, MG</b>	
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua Valdinei de Oliveira Santos	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113107">https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113107</a>	
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>79</b>
<b>ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SOBRE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NO CENÁRIO BRASILEIRO</b>	
Lucas Rodrigues Bellotti Rosane Freire Boina	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113108">https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113108</a>	
<b>CAPÍTULO 9.....</b>	<b>87</b>
<b>DESAGUAMENTO DE LODOS DE ETAs: EXPERIÊNCIAS BEM-SUCEDIDAS COM EMPREGO DE LEITO DE DRENAGEM</b>	
Antonio Osmar Fontana João Sergio Cordeiro Cali Laguna Achon Marcelo Melo Barroso Renan Felício dos Reis	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113109">https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113109</a>	
<b>CAPÍTULO 10.....</b>	<b>104</b>
<b>A IMPORTÂNCIA DA COBERTURA NA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE DESAGUAMENTO DE LODO DE ETA EM LEITOS DE DRENAGEM</b>	
Renan Felício dos Reis Cali Laguna Achon João Sergio Cordeiro	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131010">https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131010</a>	
<b>CAPÍTULO 11.....</b>	<b>122</b>
<b>AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE DESAGUAMENTO DE LODO – ETA SANTA BÁRBARA (RS)</b>	
Daniele Martin Sampaio Carlos Vinícius Caetano Gonçalves	

Laone Hellwig Neitzel  
Karen Gularte Peres Mendes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131011>

**CAPÍTULO 12..... 135**

**QUANTIFICAÇÃO DO LODO GERADO DE DECANTADORES DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE GUARATINGUETÁ**

Paulo Ricardo Amador Mendes  
Ailton César Teles de Barros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131012>

**CAPÍTULO 13..... 142**

**SISTEMA DE CONFINAMENTO DE RESÍDUOS: ESTUDO DE CASO LODO DE ETA**

Denise de Carvalho Urashima  
Ana Paula Moreira de Faria  
Mag Geisielly Alves Guimarães  
Beatriz Mydori Carvalho Urashima  
Matheus Müller

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131013>

**CAPÍTULO 14..... 150**

**TRATAMENTO DE EFLUENTE HOSPITALAR EM REATOR TIPO UASB E FITOTOXICIDADE**

Roberson Davis Sá  
Fernando Rodrigues-Silva  
Paloma Pucholobek Panicio  
Yohannys Mannes  
Mariana Azevedo dos Santos  
Lidia Lima  
Lutécia Hiera da Cruz  
Liziê Daniela Tentler Prola  
Wanessa Algarte Ramsdorf  
Adriane Martins de Freitas  
Karina Querne de Carvalho  
Marcus Vinicius de Liz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131014>

**CAPÍTULO 15..... 164**

**WETLANDS: UMA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA TRATAMENTO DE ESGOTO NO INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE**

Carina Siqueira de Souza  
Halanna Moura de Souza  
Soanne Hemylle de Jesus Santos  
Thaise Kate Silva dos Santos  
Geovane de Mello Azevedo  
Maurício Santos Silva  
Felippe Matheus Silva Meneses

Florilda Vieira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131015>

**CAPÍTULO 16..... 176**

**A IMPORTÂNCIA DO COMPONENTE CURRICULAR “GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS” PARA A FORMAÇÃO ACADÊMICA DE UM BIÓLOGO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA**

Regiane Gabriele Rocha Vidal

Beatriz dos Santos Souza

Dinalva Ribeiro de Oliveira

Juliana Maia Lima

Jannah Thalís da Silva Alves

Ana Caroline Barbosa de Castro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131016>

**CAPÍTULO 17..... 185**

**CONDIÇÕES DE TRABALHO DOS CATADORES E CATADORAS DE CAXIAS DO SUL/RS APÓS 10 ANOS DE IMPLANTAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Ana Maria Paim Camardelo

Nilva Lúcia Rech Stedile

Fernanda Meire Cioato

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131017>

**CAPÍTULO 18..... 196**

**CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ESCÓRIA DE FERRONÍQUEL PARA EMPREGO NA COMPOSIÇÃO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO À QUENTE**

Jéssika Cosme

Daniel Pinto Fernandes

Gilberto Fernandes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131018>

**CAPÍTULO 19..... 205**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE ETA COMO IMPERMEABILIZANTE DE OBRAS DE TERRA PARA A CONTENÇÃO DE RESÍDUOS**

Leonardo Marchiori

André Studart

Maria Vitoria Moraes

Antônio Albuquerque

Victor Cavaleiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131019>

**CAPÍTULO 20..... 213**

**ANÁLISE DA SEGURANÇA HÍDRICA ASSOCIADA ÀS BARRAGENS DE REJEITOS NO NORDESTE BRASILEIRO**

Ana Nery de Macedo Cadete

Abmael de Sousa Lima Junior

Roberta de Melo Guedes Alcoforado  
Marcelo Casiuch  
Andresa Dornelas de Castro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131020>

**CAPÍTULO 21..... 223**

OTIMIZAÇÃO E VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA QuEChERS-CLAE/FL PARA A DETERMINAÇÃO DO ANTIBIÓTICO TETRACICLINA EM CAMA DE AVIÁRIO

Ismael Laurindo Costa Junior  
Letícia Maria Effting  
Luciane Effting

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131021>

**CAPÍTULO 22..... 241**

ANÁLISE DE RISCO ASSOCIADO AO USO DE AGROTÓXICOS - ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE ESCADA, PERNAMBUCO, BRASIL.

Eduardo Antonio Maia Lins  
Fellipe Martins Maurício de Menezes  
Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha  
Sérgio Carvalho de Paiva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131022>

**CAPÍTULO 23..... 249**

CASCA E BAGAÇO DA LARANJA COMO ADSORVENTE PARA REMOÇÃO DE COR DE ÁGUAS RESIDUAIS

Rayane de Oliveira Zonato  
Bianca de Paula Ramos  
Valquíria Aparecida dos Santos Ribeiro  
Rosane Freire Boina

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131023>

**CAPÍTULO 24..... 263**

POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DA BIOMASSA DE SISTEMA *WETLANDS* CONSTRUÍDOS PARA PRODUÇÃO DE BIOETANOL.

Eduarda Torres Amaral  
Gisele Alves  
Gustavo Stolzenberg Colares  
Tiele Medianeira Rizzetti  
Rosana de Cassia de Souza Schneider  
Ênio Leandro Machado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131024>

**CAPÍTULO 25..... 270**

URBAN OPEN SPACES RE-USE: DESIGN STRATEGIES

Rossella Franchino  
Caterina Frettoloso  
Nicola Pisacane

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131025>

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>282</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>283</b>

## DIMENSIONAMENTO DE BARRAGEM PARA O ABASTECIMENTO DE SÃO MATEUS-ES

Data de aceite: 01/10/2021

Data de submissão: 04/09/2021

### **Aloísio José Bueno Cotta**

Universidade Federal do Espírito Santo,  
Centro Universitário Norte do Espírito Santo,  
Departamento de Ciências Naturais.  
São Mateus – Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/3298545143757892>

### **Renato Pereira de Andrade**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais,  
Campus Juiz de Fora.  
Juiz de Fora – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/0116697763506568>

### **Honorio Coutinho de Jesus**

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro  
Ciências Exatas, Departamento de Química.  
Vitória – Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/7418271091830003>

### **Paloma Francisca Pancieri de Almeida**

Doutoranda da Universidade Federal de  
Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola.  
Viçosa – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/4374052526992017>

**RESUMO:** O Rio São Mateus (RSM) é a principal fonte de abastecimento da cidade de São Mateus-ES, contudo nos períodos de estiagem prolongada a sua vazão é significativamente reduzida. Isto permite o avanço da intrusão salina (IS), de água marinha, pelo estuário ao ponto de comprometer a qualidade da água captada para

abastecimento público. A possibilidade de suprir a demanda municipal mediante a construção de um reservatório num dos cursos d'água no entorno da cidade é avaliada neste estudo. Constatou-se que a baixa disponibilidade hídrica do Rio Abissínia é insuficiente para atender a demanda projetada ( $Q_{reg}$  de 250 L/s) para o ano de 2050. Contudo a regularização de 40% da vazão média do Córrego Bamburral, com um reservatório de 7,0 hm<sup>3</sup>, é capaz de prover a vazão necessária para o abastecimento municipal. Considerando as dimensões de 8,5 m de altura e 183 m de extensão, o custo de construção da barragem foi estimado em 7,7 milhões de reais usando a função paramétrica para barragens de concreto. A proposta apresentada está alinhada com as recomendações do Plano Estadual de Recursos Hídricos para melhorar o abastecimento municipal por meio de investimentos em infraestrutura para preservação hídrica, e se assemelha, tanto em custo quanto em dimensões, a uma barragem recentemente construída em outra sub-bacia da região.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reservatório, regularização de vazão, disponibilidade hídrica, SisCaH 1.0.

### DAM SIZING FOR THE SUPPLY OF SÃO MATEUS-ES

**ABSTRACT:** The São Mateus River (SMR) is the main source of supply for the city of São Mateus-ES, however, in periods of prolonged drought its water flow is significantly reduced. This allows the advancement of saline intrusion (SI), of marine water, through the river's estuary to the point of compromising the quality of water collected for public supply. The possibility of meeting

the municipal demand through the construction of a reservoir in one of the watercourses around the city is evaluated in this study. It was found that the low hydric availability of the Abyssinia River is insufficient to meet the projected municipal demand ( $Q_{reg}$  of 250 L/s) for 2050. However, the regularization of 40% of the average flow of the Bamburral stream, with a reservoir of 7.0 hm<sup>3</sup>, can provide the necessary flow required by the municipality. Considering a height of 8.5 m and an extension of 183 m, the construction cost of the dam was estimated at R\$ 7,7 million using the parametric function for concrete dams. This proposal is in line with the recommendations of the State Water Resources Plan to improve municipal water supply through investments in infrastructure for water preservation. It resembles, in cost and dimensions, another dam recently built in a neighboring sub-basin.

**KEYWORDS:** Reservoir, flow regulation, water availability, SisCaH 1.0.

## 1 | INTRODUÇÃO

A região norte do Espírito Santo (ES) é periodicamente afetada por secas prolongadas devido a irregularidade do regime de chuvas (ALVALÁ *et al.*, 2019; FAVERO *et al.*, 2020), o que reduz a vazão de seus rios, e a descarga nos estuários (MARENGO *et al.*, 2017). Segundo Puppim *et al.* (2019), a região norte do ES apresenta a menor disponibilidade hídrica do estado e grande dificuldade para atender às demandas agropecuária e urbana. O que têm gerado conflitos pela água (Loss *et al.*, 2019; Novais *et al.* 2019), em oposição a Política Estadual de Recursos Hídricos que prevê sua gestão e uso compartilhados (ESPÍRITO SANTO, 2014).

O Rio São Mateus (RSM) é o principal manancial de abastecimento para os mais de 130 mil habitantes da cidade de São Mateus - ES (IBGE, 2019; COTTA *et al.*, 2021). Em seu baixo curso (entre a foz e a cidade,) o rio caracteriza-se pela ocorrência de processos flúvio-marinhos que permitem o avanço da intrusão salina (IS), uma vez que seu estuário está sujeito às marés oceânicas (VALE e ROSS, 2011).

Segundo o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de São Mateus a IS é agravada durante a maré cheia e em períodos de estiagem severa, como ocorrido entre 2015 e 2017, com índices pluviométricos de 25 a 50% inferiores à média histórica de 1.250 mm/ano (RAMOS *et al.*, 2016; ALVALÁ *et al.*, 2019). Tal fato implicou numa significativa redução na vazão do RSM, ao ponto de inviabilizar a captação de água para abastecimento público (Rede Gazeta, 2017).

No estudo de COTTA e JESUS (2021) foi demonstrado que quando a vazão do RSM decresce para valores inferiores a 10m<sup>3</sup>/s, a IS avança até o ponto da captação municipal (a prox. 40 km da foz), o que faz com que a água captada apresente níveis de cloreto superiores a 10.000 mg/L. Estes altos níveis de cloreto, na água do ponto de captação, se mantinham por vários meses acima de 250 mg/L em conflito com o estabelecido pela Portaria N° 888 do Ministério da Saúde (Brasil, 2021). O que levou ao racionamento no abastecimento e à decretação de estado de calamidade pública (DECRETO N° 8.839, 2017). As mesmas dificuldades para o abastecimento municipal se repetiram 2020 (DECRETO N° 11.806, 2020).

Considerando a dificuldade de captação de água para o abastecimento público em São Mateus, este estudo objetiva dimensionar e apontar um local para a construção de um reservatório capaz de atender a demanda hídrica municipal projetada para 2050.

## 2 | ÁREA DO ESTUDO, MATERIAIS E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do Rio São Mateus (Fig. 1) possui 13,5 mil km<sup>2</sup>. O rio principal é formado pelos braços Norte e Sul, respectivamente, o Rio Cotaxé com 244 km de extensão, e o Cricaré de 188 km, cujas nascentes em Minas Gerais estão a cerca de 1000 m de altitude. A confluência dos braços ocorre no baixo curso da bacia, onde passa a se chamar Rio São Mateus. Em seus braços, ou em seu curso principal, o rio não possui barragens para regularização de vazão (ANA, 2010), apesar de propostas já terem sido formuladas (ACQUATOOL, 2009).

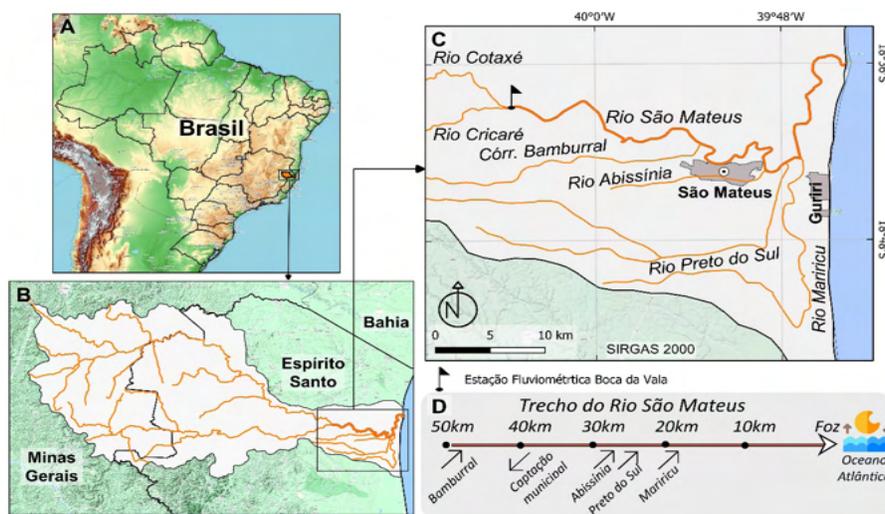


Figura 1. Área de estudo. A) Localização da bacia hidrográfica do RSM. B) Principais cursos d'água da bacia. C) Afluentes do RSM no trecho perto da foz. D) Diagrama unifilar com destaque para captação municipal, próxima da sede do município, e cursos d'água do trecho próximo à cidade de São Mateus-ES.

O Rio Preto do Sul apresenta severo comprometimento em sua disponibilidade hídrica devido ao grande número (centenas) de pequenos barramentos construídos para atender a demanda das culturas irrigadas desenvolvidas na região (Favero *et al.*, 2020). A sobre exploração dessa sub-bacia (292 km<sup>2</sup>) impede seu aproveitamento para o abastecimento municipal.

A sub-bacia do Córrego Bamburral (109 km<sup>2</sup>) tem ocupação agropecuária com dezenas de pequenos reservatórios para agricultura irrigada, contudo sem comprometer a

vazão do curso d'água como ocorre no Rio Preto do Sul.

No trecho próximo à cidade o Rio Abissínia (Fig. 1C) recebe a maior parte dos efluentes domésticos municipais, o que representa cerca de 70% de sua descarga no RSM (COTTA *et al.*, 2017), e impede seu total aproveitamento para abastecimento público.

Os registros da estação fluviométrica Boca da Vala, Figura 2, foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020), e processados no software SisCaH 1.0 (Sistema Computacional para Análises Hidrológicas), conforme Tormentino *et al.* (2009). Verificou-se que a bacia do RSM apresenta vazão específica ( $Q_s$ ) de 6,0 L/(km<sup>2</sup>.s), vazão média de longa duração ( $Q_{mld}$ ) de 71,5 m<sup>3</sup>/s e vazão mínima de 7 dias de duração e 10 anos de tempo de recorrência ( $Q_{7,10}$ ) de 3,5 m<sup>3</sup>/s. Considerando o índice pluviométrico médio na região de 1.250 mm/ano (ALVALÁ *et al.*, 2019), estima-se que o rendimento como escoamento da bacia é de 15,0% do volume precipitado.

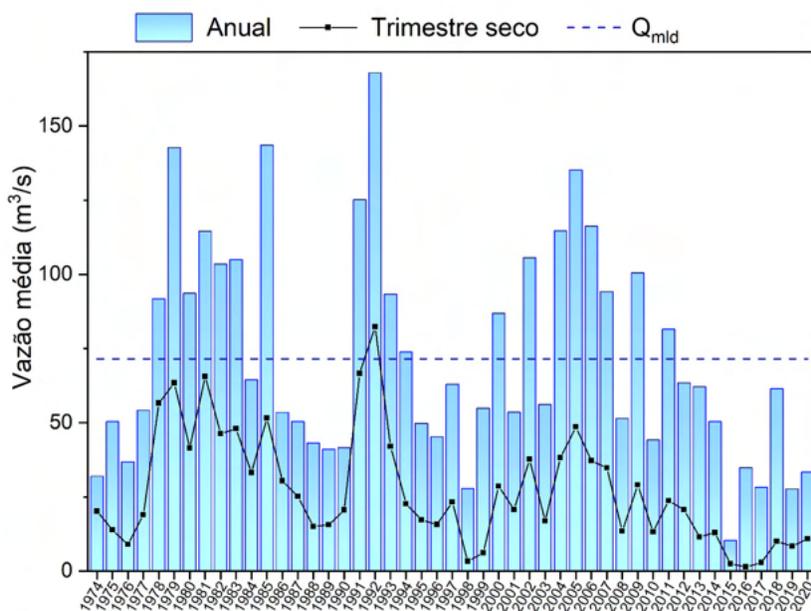


Figura 2. Vazão média anual, média do trimestre mais seco de cada ano e média de longa duração ( $Q_{mld}$ ) calculadas com dados entre 01/09/1974 e 23/12/2020 da estação fluviométrica Boca da Vala (ANA, código: 55960000) instalada a 75 km da foz do RSM, à montante da frente de avanço da IS.

Na média, a sazonalidade natural do Rio São Mateus concentra 32% da descarga em dezembro e janeiro, e apenas 11% no trimestre seco crítico entre agosto e outubro. Com destaque para o intervalo 2015-2020, o qual apresentou vazão média 54% menor que o  $Q_{mld}$ , devido ao baixo volume de chuvas na bacia (Fig. 2). O que trouxe sérios problemas para o abastecimento público devido ao maior avanço da IS de água marinha pela calha do RSM nos períodos de seca.

A avaliação da disponibilidade hídrica das sub-bacias no entorno da cidade (Rio Abissínia e Córrego Bamburral) foi feita considerando-se a vazão média estimada com a função de regionalização ( $Q_{média} = 0,00730 \times A^{0,9784}$ , com A em km<sup>2</sup>), estabelecida COTTA e JESUS (2021), e a área de drenagem de cada porção das sub-bacias passíveis de barramento. Para o rio Abissínia, considerou-se apenas a porção à montante do trecho que recebe o despejo de efluentes. A área de contribuição de um reservatório no Rio Abissínia (35,6 km<sup>2</sup>) é capaz de prover uma vazão média de apenas 240 L/s, a qual é insuficiente para o abastecimento municipal. A área de contribuição no Córrego Bamburral (102,5 km<sup>2</sup>) oferece uma disponibilidade hídrica de 690 L/s, a qual é suficiente para atender a demanda do município. O local da barragem foi escolhido ao considerar a proximidade com a sede da cidade e a identificação de um ponto estreito na calha do Córrego Bamburral.

O SisCaH 1.0 foi também utilizado para estimar o volume útil de um reservatório no Córrego Bamburral capaz de prover uma determinada vazão regularizada ( $Q_{reg}$ ), conforme a metodologia de “diferenças acumuladas” entre as vazões afluentes e as vazões regularizadas (TUCCI, 2012; PAIVA e PAIVA, 2016).

As vazões afluentes foram calculadas ponderando-se os registros da estação Boca da Vala pela área de contribuição do reservatório (102,5 km<sup>2</sup>) e área de drenagem da estação (11.973 km<sup>2</sup>), pois não há registros de medição de vazão para o Córrego Bamburral. Para gerar as séries de vazão do Córrego Bamburral multiplicou-se os registros diários de vazão da estação Boca da Vala pelo fator (102,5/11.973 = 0,00856), isto é, fez-se uma estimativa proporcional à área de drenagem.

No presente estudo, a determinação do volume de armazenamento objetivou garantir uma  $Q_{reg}$  suficiente para o abastecimento da população de São Mateus projetada para 30 anos. Atualmente a captação média é de 200 L/s e projeta-se que em 2050 seja de 250 L/s (SAAE, São Mateus-ES, comunicação pessoal, 10 janeiro de 2021), assim a  $Q_{reg}$  é de 250 L/s.

Os mapas de localização e cálculos de áreas alagadas, para diferentes cotas de inundação pelo reservatório, foram produzidos com o software QGIS (QGIS.org 2021) utilizando o modelo digital de elevação (MDE) disponível no sítio Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA, 2020).

A função paramétrica (Equação 1) para barragens de concreto (ELETROBRÁS, 2007) corrigida pelo Índice Nacional de Custo da Construção (INCC), acumulado até 07/2021, foi empregada para estimar os custos de construção da obra.

$$\text{Custo (R\$} \times 10^3) = -3,64(H \cdot E)^2 + 1990,73(H \cdot E) \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que, H é a altura em metros, e E é a extensão da crista da barragem em quilômetros.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As vazões médias mensais do Rio São Mateus e a projeção destas para gerar as

vazões estimadas para um reservatório no Córrego Bamburral, com área de contribuição de 102,5 km<sup>2</sup>, são apresentadas da Figura 3.

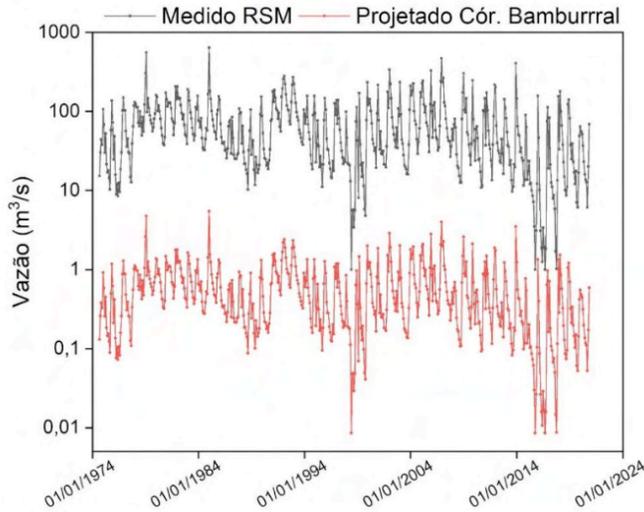


Figura 3. Vazões médias mensais para o Rio São Mateus (RSM) e a projeção das vazões afluentes ao reservatório alocado no Córrego Bamburral.

Com a série de vazões projetadas para o Córrego Bamburral, o software SisCaH 1.0 foi utilizado para calcular a relação entre o volume útil do reservatório e a vazão por este regularizada (Tab. 1). Foi considerada uma taxa de evaporação de 3 mm/dia (COTTA *et al.*, 2021), o que para 2/3 de um lago de 1,09 km<sup>2</sup> (PAIVA e PAIVA, 2016) implica em perdas de 6 L/s por evaporação.

(Q <sub>reg</sub> /Q <sub>média</sub> )x100	Q <sub>reg</sub> (L/s)	Volume do reservatório (x106 m <sup>3</sup> )
5	31	0,3
10	66	1,0
15	101	1,7
20	135	2,4
25	170	3,4
30	205	4,5
35	239	5,8
40	274	7,6
50	345	13,8

Tabela 1. Relação entre vazão regularizada (Q<sub>reg</sub>) e volume útil do reservatório

Um reservatório de 0,3x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> (0,3 hm<sup>3</sup>) é capaz de prover uma Q<sub>reg</sub> de 31 L/s, a qual equivale a 5,0% da vazão média (Q<sub>média</sub>), Tabela 1. Já reservatórios de 5,8 e 7,6 hm<sup>3</sup>, proveem

$Q_{reg}$  de 239 e 274 L/s. Um reservatório com volume útil de 6,4  $hm^3$  é indicado como capaz de prover a vazão regularizada desejada ( $Q_{reg} \approx 250$  L/s), Figura 4A.

Para o dimensionamento do reservatório foi assumido um volume morto correspondente a cerca de 10% do volume útil. Assim o volume total do reservatório deve ser de 7,0  $hm^3$ . O volume deficitário gerado pela captação da vazão regularizada de 250 L/s, frente as vazões afluentes ao reservatório de 6,4  $hm^3$ , são apresentadas na Figura 4B. O reservatório teria esgotado todo seu volume útil apenas durante a seca de 2016, mas teria resistido as secas de 1976 e 1999 preservando aproximadamente 20% de seu volume útil. Na maior parte do tempo teria permanecido completamente cheio.

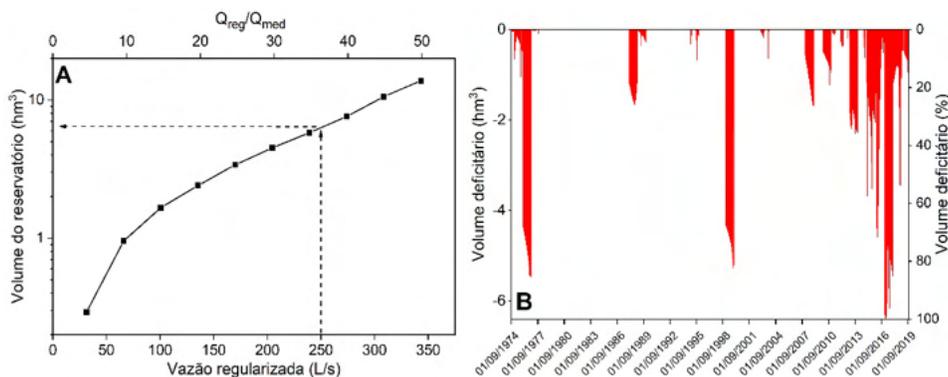


Figura 4. Dimensionamento do reservatório. A) Vazão regularizada em função do volume útil do reservatório, com destaque para o volume capaz de prover a vazão de 250 L/s, necessária para o abastecimento municipal. B) Simulação do volume deficitário do reservatório considerando a série de vazões afluentes e a captação de 250 L/s.

Com o software QGIS realizou-se o processamento do modelo digital do terreno de modo a gerar a bacia de contribuição do reservatório e a área alagada para o ponto escolhido (coordenadas: 404156.9 e 7931456.4) para o barramento no Córrego Bamburral, Figura 5. Para a cota de inundação de 10,5m (correspondendo a um barramento de 8,5 m de altura), é obtido gerar um reservatório com 7,0  $hm^3$  e um lago de 1,09  $km^2$  com 5,3 km de comprimento. O ponto da barragem foi definido ao considerar um local estreito na calha do curso d'água e que não acarretasse no alagamento da sede de propriedades rurais, e que fosse próximo da área urbana do município para que o lago tenha apelo turístico e paisagístico.

Se adicionalmente uma vazão ecológica de aprox. 24L/s fosse considerada, o volume útil do reservatório deveria ser de 7,6  $hm^3$  (Tabela 1), que acrescido de 10% para o volume morto, totaliza um reservatório de 8,4  $hm^3$ , com barramento de 9,5 m de altura. Por simplicidade, consideraremos apenas o dimensionamento do reservatório de 7,0  $hm^3$ , Figuras 5 e 6.

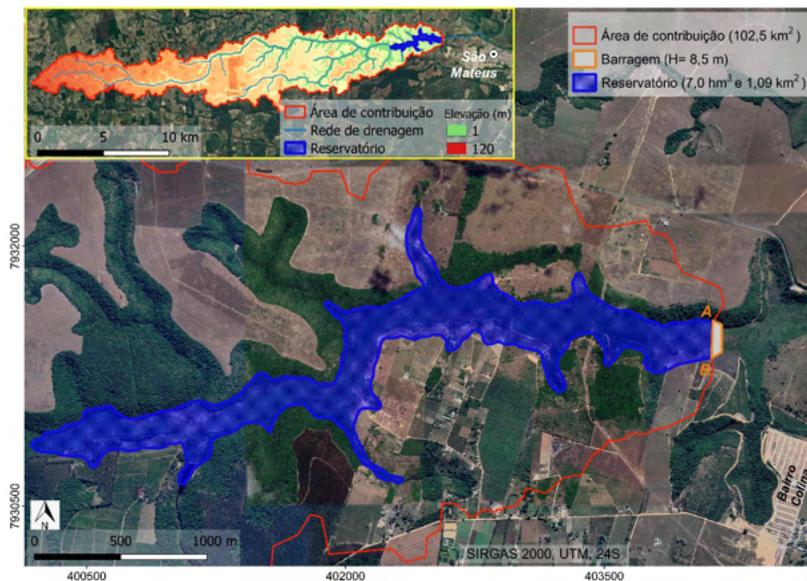


Figura 5. Representação da área alagada por um reservatório de 7,0 hm<sup>3</sup> formado por um barramento de 8,5 m de altura no Córrego Bamburral. No destaque são representadas a elevação do terreno, a rede de drenagem e área de contribuição do reservatório.

O perfil do barramento com 8,5 m de altura (H), entre as marcações A e B destacados na Figura 5, é apresentado na Figura 6. Para atingir o aproveitamento de 50% da disponibilidade hídrica da sub-bacia do Córrego Bamburral uma barragem com 11,5 m de altura (com crista na cota de 13,5 m de elevação) teria de ser construída, para gerar um reservatório de 13,8 hm<sup>3</sup>, o qual sustentaria a captação de 345 L/s.

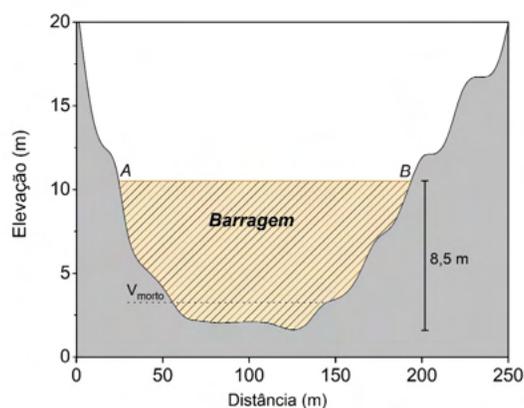


Figura 6. Representação do perfil transversal da calha do Córrego Bamburral no local do barramento com 8,5 m de altura e aproximadamente 183 m de extensão entre as marcações A e B, e indicação do volume morto ( $V_{\text{morto}}$ ) de 0,6 hm<sup>3</sup>.

Considerando as dimensões do barramento (altura, H=8,50 m, e extensão da crista,

$E=0,183$  km;  $H^*E=1,56$ ) necessário para gerar um reservatório de  $7,0$  hm<sup>3</sup>, estima-se que o investimento para o projeto seja da ordem de 9 milhões de reais, uma vez que apenas o barramento custaria 7,7 milhões, conforme a função paramétrica para barragens de concreto (ELETROBRÁS, 2007) corrigida pelo INCC. Este valor se aproxima do investido na Barragem Valter Matielo ( $10,5$  hm<sup>3</sup>, com  $H=16,9$  m e  $E=0,09$  km;  $H^*E=1,52$ ), construída entre Pinheiros (ES) e Boa Esperança (ES), ao custo total de R\$ 8,3 milhões (ES BRASIL, 2018). O valor também se compara ao custo total atualizado (INCC até 07/2021) de 11 milhões para o projeto da Barragem José Rodrigues, Campina Grande-PB (com extensão de 150 m ( $H^*E=1,95$ ) e reservatório de  $7,4$  hm<sup>3</sup>), conforme Sarmento (2007) e ANA (2016).

A regularização da vazão do Córrego Bamburral com um reservatório de  $7,0$  hm<sup>3</sup> com capacidade de prover a captação de 250 L/s, mesmo durante os períodos de seca, é proposta como forma de regularizar o abastecimento municipal.

A elaboração do projeto executivo para construção do barramento demanda uma série de estudos geotécnico, hidrológico e sedimentológico aprofundados, além de avaliações de viabilidade financeira e socioambiental, o que está além do escopo desta proposta. Por fim, destaca-se que o PERH-ES reconhece a necessidade de investimentos para construção de reservatórios de água para usos múltiplos. Em especial na região norte do ES, à qual é problemática em termos de suprimento hídrico (AGERH, 2018b).

## 4 | CONCLUSÕES

O estudo propõe a construção de uma barragem no Córrego Bamburral, para criação de um reservatório de  $7,0$  hm<sup>3</sup> capaz de prover a captação de 250 L/s, como a melhor alternativa para suprir a demanda relativa ao abastecimento público de São Mateus-ES.

O barramento sugerido assemelha-se, tanto em termos de custos e capacidade, a outro já instalado em uma sub-bacia vizinha (Barragem Valter Matielo, no Rio Itauninhas) e a proposições para outras regiões (Barragem José Rodrigues, no Rio Surrão). O que reforça a viabilidade da proposta de reservação hídrica para regularização do abastecimento municipal.

## REFERÊNCIAS

ACQUATOOL. **Elaboração de estudo tendente a identificação de infraestrutura de reservação hídrica de médio e grande porte na Bacia do Rio São Mateus**. Fortaleza, Acquatool Consultoria, p 3-8. 2009.

AGERH. Agência Estadual de Recursos Hídricos PERH-ES. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo**, Vitória, 231p, 2018.

ALVALÁ, R. C., CUNHA, A. P., BRITO, S. S., SELUCHI, M. E., MARENGO, J. A., MORAES, O. L. & CARVALHO, M. A. Drought monitoring in the Brazilian Semiarid region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 91(Suppl. 1), e20170209. Epub, 2019.

ANA. Agência Nacional de Águas. Reservatórios do semiárido brasileiro: hidrologia, balanço hídrico e operação. 2016. Disponível em: < [http://portal1.snirh.gov.br/arquivos/semiariado/204res/Para%C3%ADba\\_Jos%C3%A9\\_Rodrigues.pdf](http://portal1.snirh.gov.br/arquivos/semiariado/204res/Para%C3%ADba_Jos%C3%A9_Rodrigues.pdf)>. Acesso em: 02 mar. 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Caderno da Região Hidrográfica do Atlântico Leste**, 2010. Disponível em: <[https://www.mma.gov.br/estruturas/161/\\_publicacao/161\\_publicacao03032011024\\_710.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011024_710.pdf)>. Acesso em: 06 jul. 2020.

BRASIL. Portaria Nº 888, 04/05/2021. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Ministério da Saúde. Brasília, DF, 2021.

COTTA, A. J. B.; JESUS, H. C. Impactos, extensão e proposta de mitigação da intrusão salina no Rio São Mateus. **Pesquisas em Geociências** (in press). 2021.

COTTA, A. J. B.; DUBOC, L. F.; JESUS, H. C. Impacts of urban wastewater and hydrogeochemistry of the São Mateus River, Espírito Santo, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, 76: 334-343, 2017.

COTTA, A. J. B.; FACHETTI, P. S.; ANDRADE, R. P. Characteristics and impacts on the groundwater of the Guriri beach resort, São Mateus, ES, Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, 23, 10601-10622, 2021.

Decreto Municipal de Nº. 11.806/2020. **Declara situação anormal caracterizada como situação de emergência, em toda extensão do Município de São Mateus/ES, afetada por estiagem 1.4.1.1.0 COBRADE (In/MI nº 02 de 20 de dezembro de 2016)**. Prefeitura Municipal de São Mateus-ES, São Mateus, ES, 2020.

Decreto Municipal de Nº. 8.839/2017. **Declara situação anormal caracterizada como situação de emergência, em toda extensão do Município de São Mateus/ES, afetada por desastre nível II (In/MI nº 02 de 20 de dezembro de 2016)**. Prefeitura Municipal de São Mateus-ES, São Mateus, ES, 2017.

ES BRASIL. Maior barragem do ES é inaugurada no Norte capixaba. 2018. Disponível em: < <https://esbrasil.com.br/maior-barragem-inaugurada-no-es/>>. Acesso em: 05 mar. 2020.

FAVERO, D.; COTTA, A. J. B.; BONOMO, R.; RODRIGUES, M. B. Hydrogeochemical characterization and suitability of water for irrigation in new and old reservoirs in northern Espírito Santo, Brazil **Environment, Development and Sustainability**. (in press) 2021. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01435-8>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil / Espírito Santo / São Mateus**. 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/sao-mateus/panorama>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia, 2020. site <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>> Acesso em: 01 mar. 2021.

LOSS, J. B.; GARCIA, D. M. N.; SARTÓRIO, M. V. O.; BRANDÃO, F. D.; JABOR, P. M. **Mapeamento de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio São Mateus-ES**. In: GONÇALVES, P. M., & JABOR, F. D. (Ed.). **Coletânea de artigos científicos dos planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas do ES**. Vitória - ES, Agência Estadual de Recursos Hídricos, 174-187, 2019.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil-past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, 129: 1189-1200, 2017.

NOVAIS, R. R.; SARTÓRIO, M. V. O.; PUPPIN, L. G.; LOSS, J. B.; BRANDÃO, F. D. **Quantificação do consumo de água pelo setor agropecuário e sua influência no balanço hídrico da bacia hidrográfica do rio São Mateus-ES**. In: GONÇALVES, P. M., & JABOR, F. D. (Ed.). **Coletânea de artigos científicos dos planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas do ES**. Vitória - ES, Agência Estadual de Recursos Hídricos, 81-97, 2019.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia Aplicada a Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas**. Porto Alegre, ABRH, 2016.

PUPPIN, L. G.; VANELI, B. P.; MOREIRA, L. L.; NOVAIS, R. R. Cenário tendencial de comprometimento hídrico na bacia hidrográfica do rio São Mateus-ES. **Revista de Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, 8(3): 172-192, 2019.

RAMOS, H. E.; SILVA, B. F.; BRITO, T. B.; SILVA, J. G.; PANTOJA, P. H.; MAIA, I. F.; THOMAZ, L. B. A estiagem no ano hidrológico 2014-2015 no Espírito Santo. **Incaper em Revista**, 7: 6-25, 2016.

REDE GAZETA. **Aumento de salinização de água compromete abastecimento em São Mateus**. 2017. Disponível em: <<https://www.gazetaonline.com.br/noticias/norte/2017/04/aumento-de-salinizacao-de-agua-compromete-abastecimento-em-sao-mateus-1014049120.html>>. Acesso em: 07 mai. 2019.

SARMENTO, F. J. Dimensionamento hidrológico de reservatórios sob incertezas: avaliação estocástica e reflexos financeiros. **Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 11p, 2007.

TOPODATA. **Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil**. Folhas 18S42\_ e 18S405, 2020. Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em: 01 jan. 2018.

TORMENTINO, H.; PRUSKI, F. F.; BOF, L. H.; CECON, P. R.; SOUSA, J. R. **SisCaH 1.0 - Sistema Computacional para Análises Hidrológicas**. Viçosa, 60p, 2009.

TUCCI, C. E. **Hidrologia: ciência e aplicação** (4ª ed.). Porto Alegre, ABRH-UFRGS, 944p. QGIS.org (2021) QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. V.3.10.14, 2012. <<https://qgis.org/en/site/>>. Acesso em: 01 mar. 2021.

VALE, C. C.; ROSS, J. L. As transformações morfológicas e fitogeográficas do estuário do Rio São Mateus, litoral norte do estado do Espírito Santo, entre 1970 e 2008. **Revista do Departamento de Geografia-USP**, 21, 3-23, 2011.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adsorção 85, 232, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 259, 260

Adsorvato 251, 255, 259

Adsorvito 251

Afluentes 5, 8, 56, 57, 59, 60, 61, 67, 123, 124, 125, 168, 243

Agropecuária 175, 238

Agrotóxicos 3, 8, 41, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248

Água 3, 4, 5, 6, 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 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, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 98, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 147, 148, 149, 151, 154, 155, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 173, 174, 186, 193, 196, 198, 199, 201, 204, 205, 215, 216, 217, 218, 219, 226, 227, 228, 232, 234, 242, 244, 246, 247, 248, 250, 251, 252, 253, 264

Águas residuárias 3, 151, 152, 163, 252, 260, 265

Antibiótico 3, 8, 223, 226

Atividades antrópicas 12, 13, 36, 38

Aviário 8, 223, 225, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 235, 236, 237, 238, 239

### B

Bacias hidrográficas 1, 2, 43, 64, 65, 67, 77, 174

Barragem 5, 55, 59, 61, 62, 63, 64, 69, 125, 134, 216, 217, 218, 221

Bioetanol 3, 8, 263, 264, 265, 266, 267

Biomassa 3, 8, 154, 157, 263, 264, 265, 266, 267, 268

### C

Calha Parshall 137

Captação 5, 26, 35, 56, 57, 59, 61, 62, 63, 66, 68, 69, 75, 76, 81, 87, 89, 106

Carvão ativado 136

Cloração 68, 70, 72, 75, 77

Coagulação 71, 74, 77, 80, 87, 89, 136, 141, 251

Coliformes termotolerantes 1, 2, 8, 9, 10, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 31, 32, 33

Cor 3, 8, 23, 27, 29, 30, 33, 71, 75, 109, 116, 129, 135, 137, 138, 139, 168, 199, 249, 251,

252, 254, 257

Corante 250, 252, 253, 254, 256, 257, 258, 259, 260, 261

## D

Decantação 68, 70, 71, 73, 74, 89, 108, 136, 137

Desaguamento 3, 5, 82, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 101, 102, 104, 113, 114, 117, 119, 120, 122, 124, 126, 127, 130, 132, 134, 142, 144, 145, 146, 147, 148

Desenvolvimento sustentável 37, 43, 166

Design 8, 79, 133, 168, 224, 270, 271, 274, 275, 276, 278, 280, 281

Desinfecção 3, 32, 70, 72, 77, 136, 151

Development 64, 123, 195, 214, 224, 238, 261, 264, 270, 272, 275

## E

Ecosistema 36, 41, 136, 167, 215, 217, 224, 251

Educação ambiental 9, 21, 167, 177, 178, 179, 182, 184, 192, 282

Efluentes 1, 3, 9, 13, 14, 21, 22, 31, 40, 58, 59, 77, 81, 84, 124, 125, 127, 128, 132, 150, 151, 152, 159, 160, 161, 164, 166, 167, 168, 174, 249, 250, 251, 253, 260, 265, 282

Environmental 2, 11, 36, 43, 64, 84, 88, 123, 148, 161, 162, 163, 165, 177, 186, 196, 197, 206, 210, 214, 238, 239, 240, 241, 242, 250, 261, 262, 270, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280

Escoamento pluvial 3

Estação de Tratamento de Efluente - ETE 148

Estuários 56

Eutrofização 3

## F

Fármacos 77, 151, 224, 225, 226, 227, 237, 238

Filtração 68, 72, 74, 75, 89, 92, 106, 126, 127, 133, 136, 138, 142, 146, 148, 155, 200, 254

Flotação 68, 70

Fluoretação 70, 72, 75, 77, 78

Fósforo total 2, 8, 12, 13, 16, 17, 19, 20, 21

## I

Impactos ambientais 36, 37, 38, 42, 81, 106, 122, 136, 141, 162, 164, 166, 183, 205, 241, 243, 244, 245, 246

Índice de Qualidade da Água 4, 1, 2, 11, 12, 13, 16, 17, 41

Índices pluviométricos 56, 97, 135, 138

## **J**

Jusante 14, 217, 218

## **L**

Leito de drenagem 5, 87, 88, 89, 90, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 111, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 134

Lignocelulósicas 264

## **M**

Mananciais 13, 106, 107, 125, 137

Matrizes ambientais 224, 225, 226, 237

Meio ambiente 10, 21, 22, 24, 27, 34, 38, 77, 82, 85, 86, 88, 89, 91, 105, 106, 108, 123, 133, 148, 150, 164, 167, 177, 178, 183, 187, 192, 194, 198, 199, 219, 220, 224, 225, 241, 243, 244, 248

Micro-organismos 72, 74, 75

Mineração 3, 30, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 222, 264

Montante 14, 58, 59, 218

## **N**

Nitrogênio total 12, 13, 16, 17, 19, 20

## **P**

Passivo ambiental 204

Patógenos 37, 151, 191

Poço artesiano 3, 23, 26, 35

Polímeros 87, 101

Poluição 1, 2, 3, 11, 12, 13, 21, 36, 41, 42, 105, 152, 167, 178, 198, 215, 216, 227, 248, 250

Potabilidade 3, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 37, 64, 68, 74, 75, 76, 77, 90, 123, 136, 196, 199, 204

## **R**

Reaproveitamento 89, 133, 135, 141, 177, 179, 182, 265

Reciclável 186, 188, 192, 194

Recursos hídricos 1, 2, 3, 10, 11, 13, 14, 41, 42, 55, 56, 63, 64, 65, 68, 106, 134, 149, 150, 219, 220

Rejeito 144, 187, 190, 192, 214, 219

Resíduos agroindustriais 249, 251, 260

Resíduos sólidos 7, 3, 81, 84, 85, 102, 106, 120, 136, 143, 144, 147, 148, 165, 176, 177,

178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 190, 194, 195, 197, 198, 199, 204, 260

Resolução CONAMA 357 1, 2, 3, 4, 19, 21, 136

## **S**

Saneamento básico 9, 10, 66, 78, 80, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 103, 106, 110, 125, 144, 147, 164, 165, 174

Segurança hídrica 7, 213, 214, 215, 217, 219, 221

## **T**

Turbidez 2, 8, 12, 13, 16, 17, 19, 20, 23, 29, 30, 33, 69, 74, 75, 98, 99, 109, 116, 124, 126, 129, 135, 137, 138, 139, 164, 168, 170, 172, 199

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA SANITÁRIA 2



 [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)

COLEÇÃO

# DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA SANITÁRIA 2

- 
-  [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)