

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 Cremona

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. Elói 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

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 Gracieli 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 OCASIONADOS 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

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

Data de aceite: 23/06/2021

Data de submissão: 28/04/2021

Ana Luiza Duarte de Abreu

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás
Goiânia – Goiás
<https://orcid.org/0000-0002-1540-1582>

Rosana Gonçalves Barros

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás
Goiânia – Goiás
<https://orcid.org/0000-0003-4007-3450>

Sandro Morais Pimenta

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás
Goiânia – Goiás
<https://orcid.org/0000-0002-9566-9510>

RESUMO: A água residual advinda do processo de lavagem do material plástico possui alta carga poluidora, que se disposta no meio ambiente sem prévio tratamento, pode causar danos à saúde humana e aos sistemas naturais. Para a seleção do tratamento é preciso realizar uma série de estudos, para então, selecionar o tratamento adequado. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo propor uma alternativa de baixo custo de implantação e operação para tratamento de efluentes gerados nas lavagens de embalagens plásticas de diversas origens. A empresa de reciclagem selecionada, atua do segmento da reciclagem mecânica de plásticos

tipo Polipropileno (PP), Polietileno de Alta Densidade (PeAD) e Politereftalato de Etileno (Pet), matéria prima utilizada na fabricação de garrafas de refrigerante, embalagens de alimentos, produtos de limpeza e frascos de óleo lubrificante. Para a caracterização do efluente gerado e o monitoramento do tratamento instalado na empresa, foi realizada uma amostragem em três pontos distintos do processo de produção. O efluente apresentou altas concentrações de DBO, DQO, sólidos dissolvidos, sólidos totais, óleos e graxas, além da presença de coliformes fecais e *escherichia coli*. O sistema de tratamento proposto é composto por peneira, caixa separadora de água e óleo, dois tanques sépticos dispostos em série e dois sumidouros em paralelo. Para a análise da qualidade do tratamento proposto, comparou-se os resultados com os limites máximos regulamentados pela Resolução do CONAMA 430/2011, e pela empresa de saneamento do município. O sistema de tratamento proposto apresentou alta remoção na maioria dos parâmetros analisados, 84% de eficiência para DBO, 51% para DQO, 94,4% para sólidos suspensos e 97,8% para óleos e graxas. Dessa forma, verificou-se que o sistema de tratamento proposto mostrou ser uma ótima alternativa para o tratamento do efluente gerado na lavagem de material plástico da empresa de reciclagem em estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Água residuária; polímero; estação de tratamento; efluente industrial; efluente doméstico.

PROPOSITION OF AN EFFLUENT TREATMENT SYSTEM IN A PLASTICS RECYCLING PLANT IN TRINDADE, GOIÁS

ABSTRACT: The residual water coming from the washing process of the plastic material has a high polluting load, which if disposed in the environment without previous treatment, can cause damages to human health and natural systems. For the selection of the treatment it is necessary to perform a series of studies, in order to then select the appropriate treatment. In view of this, the present work aimed to propose an alternative of low cost implantation and operation for the treatment of effluents generated in the washing of plastic packages of various origins. The selected recycling company operates in the segment of mechanical recycling of plastics such as Polypropylene (PP), High Density Polyethylene (HDPE) and Polyethylene Terephthalate (Pet), raw material used in the manufacture of soft drink bottles, food packaging, cleaning products and bottles of lubricating oil. For the characterization of the effluent generated and the monitoring of the treatment installed in the company, a sampling was performed in three different points of the production process. The effluent presented high concentrations of DBO, DQO, dissolved solids, total solids, oils and greases, besides the presence of fecal coliforms and escherichia coli. The proposed treatment system is composed of a sieve, a water and oil separator box, two septic tanks arranged in series and two sinks in parallel. For the analysis of the quality of the proposed treatment, the results were compared with the maximum limits regulated by the Resolution of CONAMA 430/2011, and by the sanitation company of the municipality. The proposed treatment system showed high removal in most parameters analyzed, 84% efficiency for DBO, 51% for DQO, 94.4% for suspended solids and 97.8% for oils and greases. This way, it was verified that the proposed treatment system proved to be a great alternative for the treatment of the effluent generated on the plastic material washing of the recycling company under study.

KEYWORDS: Residuary water; polymer; treatment station; industrial effluent, domestic effluent.

1 | INTRODUÇÃO

A demanda da sociedade por plástico vem crescendo a cada ano (ANDRADY, 2011). Em 2016, a produção atingiu 396 milhões de toneladas e as projeções indicam que se esse crescimento não for contido, em 2030 terá no mundo cerca de 550 milhões de toneladas do material (VASCONCELOS, 2019).

Associado à necessidade de recursos naturais não renováveis (petróleo) (REMÉDIO *et al.*, 1999; FREITAS *et al.*, 2020), recursos energéticos e a água para a produção dos polímeros, a busca por tecnologias renováveis de produção vêm crescendo rapidamente e as indústrias de transformação de plástico se destacam (BRAZ *et al.*, 2019; GU *et al.*, 2020). Para essas indústrias lavarem o material plástico durante o processo, requer grande demanda de água e no momento atual, a maioria das reciclagens utiliza água doce para esse fim, gerando assim, uma quantidade significativa de água residual (JABŁOŃSKA, 2018; SILVA e MELO, 2018).

A água residual advinda do processo de reciclagem possui alta carga poluidora,

pois as sujeiras que estão aderidas à superfície do material são removidas e transferidas para o efluente (REMÉDIO *et al.*, 1999; SANTOS *et al.*, 2005). Sua composição é diversa e heterogênea, variando inclusive dentro do mesmo local gerador, contendo os mais variados tipos de substâncias, das quais muitas podem contaminar sistemas naturais e causar danos à saúde humana, caso as mesmas atinjam recursos hídricos próximos (ANDRADE *et al.*, 2011; SILVA e MELO, 2018).

Nas empresas de reciclagens as etapas mais comuns do processo são: separação do resíduo polimérico, moagem, lavagem, secagem e reprocessamento, transformando-o assim, em produto acabado (FARIA *et al.*, 2011; BORDIN *et al.*, 2012). As etapas do processo podem ser reduzidas ou incrementadas de acordo com o material a ser reciclado (SANTOS *et al.*, 2005). O maior volume de água residual é gerado principalmente na etapa de lavagem.

O adequado tratamento dos efluentes e disposição final é de fundamental importância para a proteção da saúde pública e do meio ambiente. Em efluentes industriais, principalmente, a redução do potencial poluidor deve deixar de ser um procedimento opcional e ser considerado essencial (DINIZ *et al.*, 2017). O tratamento dessas águas residuárias visa remover possíveis contaminantes presentes nos efluentes para que os níveis aceitáveis de concentrações desses contaminantes sejam atingidos de acordo com a legislação ambiental local (BRAZ *et al.*, 2019). O grau de tratamento depende da necessidade específica de cada efluente (BORDIN *et al.*, 2012).

Von Sperling (2014) classifica o tratamento de esgoto por níveis, onde o tratamento preliminar objetiva a remoção de sólidos grosseiros; o tratamento primário, visa a remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica. No tratamento secundário, predominam mecanismos biológicos, com objetivo principal de remoção da matéria orgânica e ocasionalmente, nutrientes como nitrogênio e fósforo. O tratamento terciário objetiva a remoção de poluentes específicos e/ou a remoção complementar de poluentes que não foram removidos o suficiente nos tratamentos anteriores.

A seleção do tratamento de efluentes industriais é realizada por meio de uma série de estudos iniciais, tais como: o levantamento do processo industrial, a avaliação da carga poluidora por meio de amostragens do efluente, estudos de prevenção à poluição, análise das exigências legais a ser cumpridas e então, selecionar o tratamento.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi propor uma alternativa de baixo custo de implantação e operação para o tratamento de efluentes líquidos gerados em processos de lavagem de embalagens plásticas de diversas origens, utilizando dados obtidos em escala real de uma indústria recicladora de plásticos, localizada no município de Trindade, Goiás.

2 I METODOLOGIA

2.1 Caracterização do empreendimento

A empresa de reciclagem selecionada no presente estudo, está no mercado desde 2005, atuando no segmento da reciclagem mecânica de plásticos do tipo Polipropileno (PP), Polietileno de Alta Densidade (PeAD) e Polietereftalato de Etileno (Pet). Promove a separação, o processamento, a venda e distribuição de matéria prima para empresas do ramo têxtil, peças automotivas, fábricas de corda e utensílios domésticos.

Situada no município de Trindade, Goiás, entre as coordenadas geográficas de latitude 16°38'43" S e longitude 49°26'10" W, a empresa possui uma área construída de aproximadamente 1000 m², composta por dois galpões, dois banheiros, um vestiário e um escritório administrativo (Figura 1). A empresa opera em um regime diário de oito horas, cinco dias por semana, com um processamento mensal médio em torno de 13 toneladas. É importante mencionar que o bairro onde a empresa está sediada não possui rede coletora de esgoto ou corpo hídrico próximo para realizar o despejo dos efluentes gerados.

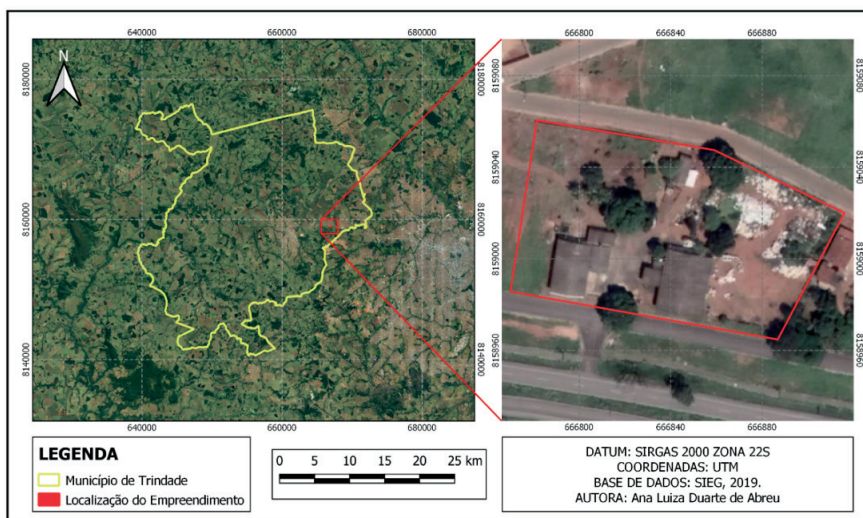


Figura 1: Mapa de localização do empreendimento.

Fonte: Adaptado Google Earth, 2019.

2.2 Processo Produtivo

Nesta etapa do estudo, realizou-se o levantamento dos processos produtivos, tipo de matéria prima utilizada e a identificação das unidades geradoras de efluentes líquidos. A empresa possui dois processos de produção: o primeiro utiliza como matéria prima o Polietereftalato de Etileno (Pet), utilizado na fabricação de garrafas de refrigerante, e o

Polipropileno (PP), material utilizado na composição das tampinhas das garrafas; o segundo processo utiliza o Polietileno de Alta Densidade (PeAD), frequentemente aplicado na fabricação de embalagens de alimentos, produtos de limpeza doméstica e frascos de óleo lubrificante e o Polipropileno (PP). O fluxograma apresentado na Figura 2, descreve os processos produtivos e indica as etapas de descarte do efluente líquido.

A água utilizada no processo é captada de dois poços artesianos através de bombas, com capacidade de recalque de 500 L/h, permanecendo ligada entre quatro a cinco horas por dia, bombeando assim, aproximadamente 2500 litros de água por dia a ser utilizados na produção e área comum do empreendimento.

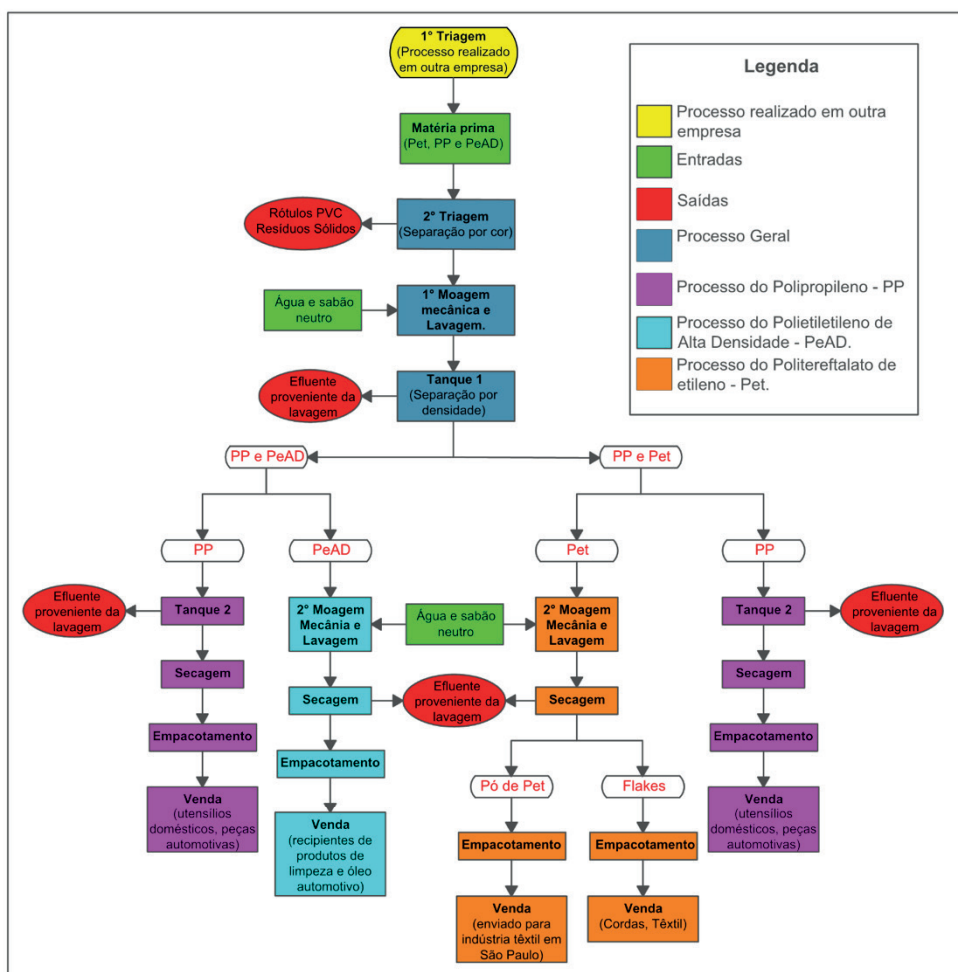


Figura 2: Fluxograma dos processos produtivos.

Fonte: Elaborado pelos autores.

2.3 Atual Sistema de Tratamento

A água utilizada na lavagem do material plástico recircula no processo cerca de dois dias, sem passar por um pré-tratamento para ser reutilizada, e então, é descarregada no sistema de tratamento de esgoto da empresa.

O efluente do processo produtivo é liberado do sistema por batelada, a cada dois dias. A água residual fica armazenada em dois tanques com volume de 2500 litros cada, ao ser liberada, segue para uma caixa de gordura, posteriormente para dois tanques sépticos dispostos em série e um sumidouro, e por conseguinte, infiltra no solo (Figura 3). Por não ter rede coletora de esgoto, o efluente da área comum da empresa não é despejado nesse mesmo tratamento, ele é descartado em fossa negra.

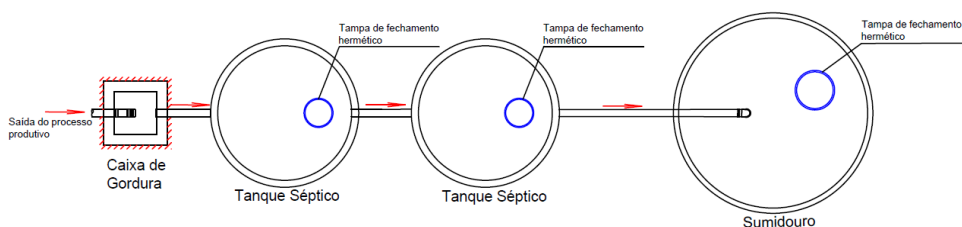


Figura 3: Fluxograma do atual sistema de tratamento de efluente.

Fonte: Elaborado pelos autores.

2.4 Estudos Laboratoriais Preliminares

Inicialmente, para a caracterização do efluente gerado e o monitoramento do atual tratamento, foi realizada uma amostragem no dia 01 de outubro de 2020, em três pontos distintos. No ponto 1 (P1) foi coletada uma alíquota do efluente no tanque de armazenamento; no ponto 2 (P2) uma alíquota da caixa de gordura e por fim, no ponto 3 (P3) uma amostra coletada no sumidouro (Figura 4). As amostras foram coletadas, armazenadas e preservadas de acordo com a NBR 9898:1987 e com o Guia nacional de coleta e preservação de amostras (2011), e posteriormente encaminhadas ao Laboratório de Efluentes da Companhia de Saneamento de Goiás - SANEAGO para serem analisadas.



Figura 4: Localização dos pontos de amostragem.

Fonte: Adaptado Google Earth, 2020.

Com base em estudos realizados na área e na legislação ambiental pertinente, foram selecionados os seguintes parâmetros para análise: oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), pH, sólidos dissolvidos, sólidos suspensos, sólidos totais, cloreto total coliformes totais, *Escherichia Coli* e óleos e graxas (OG). Todas as análises foram realizadas de acordo com os padrões APHA – *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater* (2017).

Após a análise e comparação dos resultados laboratoriais com os padrões de lançamento descritos na seção II da Resolução CONAMA n°430/2011, foi calculada a eficiência do sistema de tratamento de esgoto da empresa de reciclagem, assim como a escolha do sistema de tratamento mais adequado para o empreendimento.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracterização do efluente

De acordo com Santos *et al.* (2005), quando um processo de reciclagem envolve a limpeza dos resíduos plásticos, as avaliações das características do efluente lançado pelo processo, os requisitos para seu tratamento e seu impacto no meio ambiente, são cruciais para a preservação ambiental. Dessa forma, se liberado na natureza sem um

devido tratamento, poderá impactar o solo e os recursos hídricos devido ao seu potencial poluidor. O Quadro 1 apresenta os resultados obtidos na caracterização do efluente do tanque de armazenamento para recirculação (Ponto 1), do efluente bruto (Ponto 2), do efluente tratado (Ponto 3), além dos padrões de lançamento estabelecidos pela resolução.

| Parâmetro | Ponto 1 – Tanque de armazenamento | Ponto 2 – Efluente Bruto | Ponto 3 – Efluente Tratado | Limites máximos da CONAMA nº 430/2011 | Método |
|--------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------|
| Oxigênio Dissolvido - OD | < 0,1 mg/L O ₂ | < 0,1 mg/L O ₂ | 3,88 mg/L O ₂ | - | SMEWW 4500 O C |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO | 1222,5 mg/L O ₂ | 2002,5 mg/L O ₂ | 274,5 mg/L O ₂ | Remoção mínima de 60% | SMEWW 5210 B |
| Demanda Química de Oxigênio - DQO | 3105,0 mg/L O ₂ | 6325 mg/L O ₂ | 3780,0 mg/L O ₂ | - | SMEWW 5220 D |
| pH | 6,85 | 6,29 | 6,52 | 5 a 9 | SMEWW4500 H+B |
| Sólidos Dissolvidos | 691 mg/L | 4276 mg/L | 2291,5 mg/L | - | SMEWW2540 C |
| Sólidos Suspensos | 752 mg/L | 1812 mg/L | 3107,5 mg/L | - | SMEWW2540 D |
| Sólidos Totais | 1444,0 mg/L | 6088 mg/L | 5399,0 mg/L | - | SMEWW 2130 B |
| Cloreto Total | 260 mg/L | 320 mg/L | 45,0 mg/L | - | SMEWW 2120 C |
| Coliformes Totais | >24196 NMP/100mL | >24196 NMP/100mL | >24196 NMP/100mL | - | SMEWW 9223 B |
| <i>Escherichia Coli</i> | >24196 NMP/100mL | >24196 NMP/100mL | 548 NMP/100mL | - | SMEWW 9223 B |
| Óleos e graxas - OG | 389 mg/L OG | 787 mg/L OG | 495 mg/L OG | 20 mg/L OG | SMEWW 5520 D+F |

Quadro 1: Resultados da coleta de efluente realizada no dia 01 de outubro de 2020.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os pontos 1 e 2 apresentaram baixa concentração de oxigênio dissolvido (Quadro 1), devido o seu consumo na decomposição de matéria orgânica presente nestes dois locais. O OD auxilia na estimativa de eficiências necessárias na remoção de compostos orgânicos biodegradáveis pelas estações de tratamento de efluente a ser construídas, além de ser um dos principais parâmetros indicadores de qualidade da água.

Os parâmetros DQO e DBO são métodos indiretos para determinar a matéria orgânica presente na amostra através da medição do consumo de oxigênio, sendo um importante parâmetro para estimar a carga poluidora. No efluente em estudo, foram encontradas elevadas concentrações de DQO e DBO no efluente bruto (6325 mg/L O₂, e 2002,5 mg/L O₂, respectivamente) (Quadro 1). A alta carga orgânica da água residuária encontrada é devido, principalmente, à lavagem de embalagens contaminadas de alimentos. Silva e

Melo (2018) também observaram elevadas concentrações de DQO em coletas realizadas no sistema de tratamento de efluente de uma indústria de reciclagem de garrafas Pet, em Minas Gerais.

Verifica-se no Quadro 1, que o valor do pH em todos os pontos amostrados encontra-se levemente ácido, provável consequência da lavagem de embalagens de produtos de limpeza. Resultado semelhante foi encontrado por Braz *et al.* (2019), onde os mesmos obtiveram valores de pH em torno de 6,32 e 6,91 do efluente gerado no processo de lavagem de empresa recicladora de garrafas Pet localizada na cidade de Poços de Caldas, Minas Gerais.

Os sólidos suspensos representam a fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que decantam ou sedimentam, dependendo de sua densidade, as partículas mais grosseiras são removidas por gradeamento ou peneiramento, e as menores por tanques de decantação. O efluente bruto (ponto 2) não apresentou valores altos de sólidos suspensos, entretanto, o efluente tratado (ponto 3) apresentou um aumento de sólidos suspensos, indicando o acúmulo desses sólidos durante as etapas do sistema de tratamento (Quadro 1).

No ponto 2 (efluente bruto), o valor de sólidos dissolvidos encontra-se elevado, 4276 mg/L especificamente, sugerindo que a maior parte dos sólidos (orgânicos e inorgânicos) presente na amostra está dissolvida. Resultados semelhantes foram relatados por Remédio *et al.* (1999) em amostragens de três procedimentos distintos de lavagens de filmes plásticos provenientes do rejeito do Parque de Reciclagem e de Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos de Araraquara, São Paulo.

Foram encontradas altas concentrações de OG nos três pontos amostrados (389 mg/L OG; 787 mg/L OG e 495 mg/L OG, respectivamente) (Quadro 1), sendo necessário um tratamento específico para a sua retirada. Os altos valores encontrados de OG são em decorrência da lavagem frequente de embalagens de óleos automotivos. Faria e Pacheco (2011) identificaram que o óleo residual presente nas embalagens de óleo lubrificante aumenta o índice de fluidez do plástico, afetando negativamente a qualidade dos produtos produzidos com o material reciclado, sendo imprescindível a realização do tratamento adequado desses compostos.

O cloreto relaciona-se diretamente com a dureza da água, sendo que altas concentrações podem causar corrosões no sistema de tratamento de esgoto. Os valores apresentados nos três pontos amostrados (Quadro 1) estão aceitáveis, não oferecendo riscos estruturais ao sistema de tratamento.

Verifica-se no Quadro 1 a presença de coliformes fecais e *escherichia coli* em todos os pontos amostrados do efluente em estudo. A presença dos mesmos foi provavelmente causada pelo contato com resíduos sanitários. Santos *et al.* (2005) ao realizarem análises das águas residuárias das etapas de pré-lavagem e de lavagem do Pet, também verificaram a contaminação por coliformes fecais (670 NPM/100mL na etapa de pré-lavagem e 48 NPM/100mL na lavagem) e *escherichia coli* (1381 NPM/ 100mL na pré-lavagem e 44

NPM/100mL na etapa de lavagem).

3.2 Proposta de Sistema de Tratamento de Esgoto

Para avaliação do impacto da poluição e da eficácia das medidas de controle e tratamento, foi quantificada a carga poluidora de DBO, através do produto da vazão pela concentração de DBO do efluente, que resultou no valor de 5,05 Kg/dia. A partir desse valor, foi calculado o equivalente populacional (E.P.), que expressa a equivalência entre o potencial poluidor de uma indústria (em termos de matéria orgânica) e uma determinada população a qual produz essa mesma carga poluidora. Para o cálculo, foi utilizada a Equação 1, sendo o valor de contribuição per capita de DBO de 54 g DBO/hab*dia, presente na NBR 12209/1992:

$$E. P. = \frac{\text{carga de DBO da indústria}}{\text{contribuição percapita de DBO}} \quad (1)$$

Desta forma, a indústria de reciclagem em estudo possui um equivalente populacional de 96 habitantes.

Por se tratar de uma empresa de pequeno porte, com recursos financeiros limitados, pouca infraestrutura e um quadro de funcionários reduzido, optou-se por um tratamento biológico, que possui baixo custo de manutenção se comparado com os processos mecânicos, que necessitam de mão de obra especializada para realizar a manutenção, além de gerar gastos com trocas de peças e operação simples, principalmente se contraposto com o tratamento químico, que deve ser monitorado constantemente a fim de garantir sua eficiência.

Devido à presença de pedaços de polímeros que acabam sendo arrastados com a água de lavagem, faz-se necessário um tratamento para remover esses sólidos. Para a retenção dessas partículas de plásticos, será utilizado uma peneira estática quadrada de aço inox e malha 8, que possui abertura de 2,36 mm (YANG, *et al.*, 2019) e eficiência de remoção em sólidos suspensos entre 60% e 89,4% (LUZ, *et al.*, 2004; RODRIGUES, *et al.*, 2015), logo na saída do efluente do processo. Nesta etapa, a limpeza da peneira terá que ser mais intensa, para que o efluente consiga passar e seguir o curso do tratamento. A limpeza será feita manualmente, considerando que o polímero retido poderá ser tratado e vendido posteriormente.

Logo após a peneira, a água residuária seguirá para uma caixa de passagem, que foi dimensionada utilizando as fórmulas de Von Sperling (2014) para dimensionamento do tanque de equalização, sem agitador. O cálculo do volume de equalização (V_{eq}), em metros cúbicos, foi realizado utilizando a Equação 2:

$$V_{eq} = (Q_e - Q_s) * t \quad (2)$$

Onde V_{eq} é o volume de equalização (m^3); o Q_e corresponde à vazão de entrada do efluente bruto (m^3/h); o Q_s é a vazão de saída do efluente bruto (m^3/h); t é o tempo de funcionamento (h).

Para o cálculo das dimensões da caixa de passagem foi adotada uma altura (H) de dois metros (Equação 3 e 4):

$$b = L \quad (3)$$

$$V_{eq} = b * L * H \quad (4)$$

Onde b é a base (m); L é o comprimento (m); H é a altura (m).

Por fim, calculou-se o volume total (Vt) da caixa de passagem através da Equação 5:

$$V_t = (V_{eq} + V_{min}) \quad (5)$$

Onde Vt é volume total (m³); Vmin é volume mínimo (m³).

A caixa de passagem antecede a caixa separadora de água e óleo, com o objetivo de impedir a quebra da emulsão água-óleo por centrifugação.

Para a retirada dos óleos e graxas presente no efluente, foi adotado uma caixa separadora de água e óleo pré-fabricada (Figura 5), atendendo às recomendações da NBR 14605:2020, modelo ARXO 1000, com capacidade de vazão máxima de 1000 L/h e eficiência em remoção de óleos e graxas entre 80% e 95%, de acordo com dados do fabricante. Esse modelo já possui o reservatório de óleo removível, a fim de facilitar o descarte do óleo e sua limpeza, além de apresentar um custo 67% menor que o sistema separador de água e óleo de alvenaria.

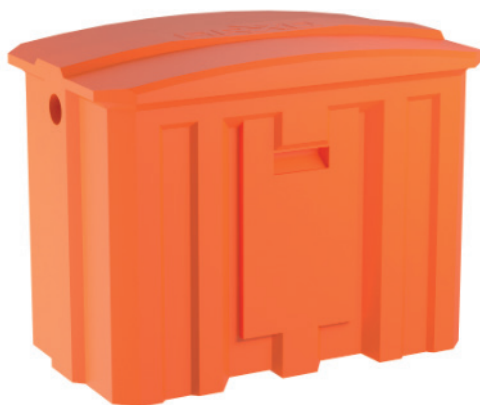


Figura 5: Caixa separadora de água e óleo Modelo ARXO 1000.

Fonte: Manual do produto ARXO (2020).

Após a caixa separadora de água e óleo, o efluente passará por dois tanques sépticos cilíndricos, dispostos em série. Para o dimensionamento dos tanques foram utilizados os dados da NBR 7229:1993, sendo o cálculo do volume útil total (V) do tanque séptico realizado pela Equação 6:

$$V = 1000 + N * (C * T + KLf) \quad (6)$$

Onde V é o volume útil (L); N é o número de pessoas contribuintes; C é a contribuição de despejos (L/pessoa x dia); K é a taxa de acumulação de lodo digerido (dia); Lf é a contribuição do lodo fresco (L/pessoa x dia).

Para uma contribuição diária de 2520 L/dia, utilizou-se a tabela da contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante presente na NBR 7229/93 (Figura 6).

| Prédio | Unidade | Contribuição de esgotos (C) e lodo fresco (Lf) | |
|------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------|------|
| 1. Ocupantes permanentes | | | |
| - residência | | | |
| padrão alto | pessoa | 160 | 1 |
| padrão médio | pessoa | 130 | 1 |
| padrão baixo | pessoa | 100 | 1 |
| - hotel (exceto lavanderia e cozinha) | pessoa | 100 | 1 |
| - alojamento provisório | pessoa | 80 | 1 |
| 2. Ocupantes temporários | | | |
| - fábrica em geral | pessoa | 70 | 0,30 |
| - escritório | pessoa | 50 | 0,20 |
| - edifícios públicos ou comerciais | pessoa | 50 | 0,20 |
| - escolas (externatos) e locais de longa permanência | pessoa | 50 | 0,20 |
| - bares | pessoa | 6 | 0,10 |
| - restaurantes e similares | refeição | 25 | 0,10 |
| - cinemas, teatros e locais de curta permanência | lugar | 2 | 0,02 |
| - sanitários públicos ^(A) | bacia sanitária | 480 | 4,0 |

^(A) Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo, etc.).

Figura 6: Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante.

Fonte: NBR 7229/93.

O tipo de prédio adotado para o dimensionamento está em ocupantes temporários, fábrica em geral. A contribuição de esgoto (C) para este tipo de edificação é de 70 L/pessoa*dia e contribuição de lodo fresco (Lf) de 0,30 (Figura 6) e o número de 36 contribuintes (Figura 6). O período de detenção dos despejos é determinado pela faixa de contribuição diária, apresentadas na NBR 7229/93 (Figura 7).

| Contribuição diária (L) | Tempo de detenção | |
|-------------------------|-------------------|-------|
| | Dias | Horas |
| Até 1500 | 1,00 | 24 |
| De 1501 a 3000 | 0,92 | 22 |
| De 3001 a 4500 | 0,83 | 20 |
| De 4501 a 6000 | 0,75 | 18 |
| De 6001 a 7500 | 0,67 | 16 |
| De 7501 a 9000 | 0,58 | 14 |
| Mais que 9000 | 0,50 | 12 |

Figura 7: Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária.

Fonte: NBR 7229/93.

A contribuição diária de 2520 L/dia, tem-se o tempo de detenção (T) de 0,92 dias ou 22 horas e uma faixa de contribuição de 1501 a 3000 litros (Figura 7).

Por fim, determinou-se a taxa de acumulação total do lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio (Figura 8).

| Intervalo entre limpezas (anos) | Valores de K por faixa de temperatura ambiente (t), em °C | | |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------|----------|
| | $t \leq 10$ | $10 \leq t \leq 20$ | $t > 20$ |
| 1 | 94 | 65 | 57 |
| 2 | 134 | 105 | 97 |
| 3 | 174 | 145 | 137 |
| 4 | 214 | 185 | 177 |
| 5 | 254 | 225 | 217 |

Figura 8: Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio.

Fonte: NBR 7229/93.

Para temperatura ambiente $t > 20$ °C e um intervalo de limpeza de um ano, tem-se uma taxa de acumulação total de lodo (K) de 57 (Figura 8).

A eficiência de remoção dos tanques sépticos para DQO é entre 30% e 40%, para DBO, com vazões em torno de 2000 L/dia, apresentando valores entre 35% a 61%, para OG entre 70% e 90% e sólidos suspensos entre 60% e 90% (VON SPERLING, 2014; SILVA, *et al.*, 2018). O primeiro tanque séptico fará o tratamento biológico do efluente, e o segundo fará o polimento da água residuária.

O efluente deverá passar por uma caixa de distribuição, para enfim, ser despejado em dois poços absorventes dispostos em paralelo, obedecendo à distância mínima entre as paredes dos poços múltiplos de 1,50 m, construídos de tijolos furado em crivo e dimensionados de acordo com a NBR 13969:97.

O cálculo da área total de infiltração para a contribuição diária da empresa é dado pela Equação 7. Os coeficientes utilizados para o dimensionamento foram: contribuição de despejos (C) de 70 L/ pessoa x dia (N); taxa de percolação (Ci) para solo composto de argila arenosa vermelha de 70 L/m² x dia; Contribuição diária (Cd) de 2520 L/dia; Tempo de detenção (T) de 0,92 dia ou 22 horas. Para o cálculo da área total de infiltração (Af):

$$A_f = \frac{Cd}{C_i} \quad (7)$$

Onde Af é área total de infiltração; Cd é a contribuição diária; Ci é a taxa de percolação do solo.

Considerando que os sumidouros terão infiltração nas paredes e no fundo e diâmetro (D) de dois metros, utilizou-se a Equação 8 para calcular a área total de cada poço absorvente:

$$A_T = (\pi * r^2) + (2 * r * h) \quad (8)$$

Onde At é a área total de cada sumidouro; r é o raio; h é a altura útil.

As dimensões e a eficiência média de projeto de cada etapa do sistema estão apresentadas no Quadro 3.

| Dimensões do Sistema de Tratamento de Efluente Proposto | | | | | |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Peneira quadrada | Caixa de passagem | Caixa Separadora de água e óleo | Tanques sépticos cilíndrico | Sumidouros |
| Dimensões | Comprimento: 1 m Largura: 1 m Malha de aço inoxidável nº 8 | Altura: 2 m Largura: 1 m Área Total: 2,0 m² Volume Total: 2,65 m³ | Comprimento: 1,15 m Altura: 0,85 m Profundidade: 0,68 m | Diâmetro interno: 2 m Altura útil: 1,60 m Altura total: 2,0 m Volume útil: 5,1 m³ | Diâmetro interno: 2 m Diâmetro externo: 2,20 m Altura útil: 2,5 m Altura total: 3,0 m Área total de infiltração: 20,73 m² |
| Eficiência Média (%) | Sólidos Suspensos: 65% | - | Óleos e graxas: 85% | DQO: 30% DBO: 60% Óleos e graxas: 70% Sólidos suspensos: 60% | - |

Quadro 3: Dimensões e eficiência média de projeto do sistema de tratamento de efluente proposto.

Fonte: Luz (2004); Von Sperling (2014); Rodrigues (2015); Silva (2018); Manual do produto ARXO (2020).

Nos tanques de armazenamento será adicionado cloro para a desinfecção, além de prevenir a contaminação por coliformes fecais. A Figura 6 apresenta um fluxograma do sistema de tratamento de esgoto proposto.

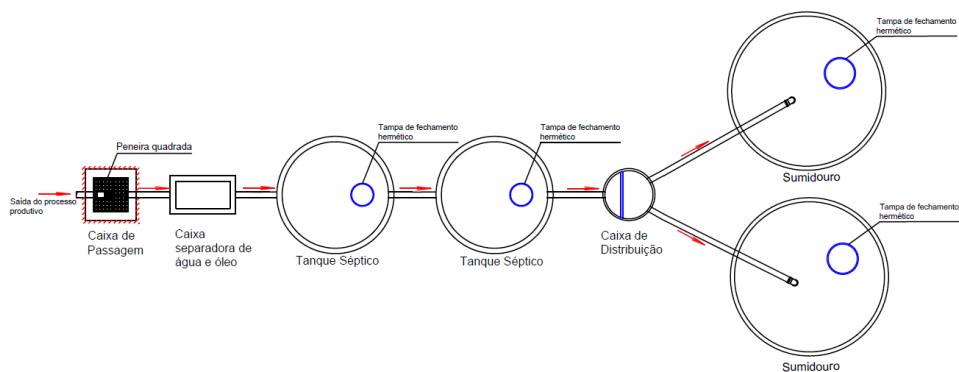


Figura 6: Fluxograma do sistema de tratamento de efluente proposto.

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.3 Eficiência do Sistema de Tratamento de Esgoto Proposto

Para o cálculo da eficiência de projeto do tratamento de esgoto proposto no presente estudo, foi realizado o levantamento da eficiência de remoção em cada etapa do sistema, para os principais parâmetros regulamentados pela Resolução CONAMA nº430/2011 e pela empresa de saneamento responsável pela coleta e tratamento do esgoto no município onde se localiza a empresa, sendo eles: DBO, DQO, sólidos suspensos e OG (Quadro 4).

| Eficiência do sistema de tratamento de esgoto proposto | | | | | |
|--------------------------------------------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Parâmetro | Eficiência atual | Eficiência de projeto | Resultado do sistema proposto | CONAMA nº 430/2011 | Empresa de saneamento |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO | 86% | 84% | 320,4mg/L O2 | Remoção mínima de 60% | 300 mg/L O2 |
| Demanda Química de Oxigênio - DQO | 40% | 51% | 3099,25mg/L O2 | Não regulamentado | 450 mg/L O2 |
| Sólidos Suspensos | 0 | 94,4% | 101,47mg/L | Não regulamentado | Não regulamentado |
| Óleos e Graxas - OG | 37% | 97,8% | 17,71mg/L OG | 20 mg/L OG | 100 mg/L OG |

Quadro 4: Eficiência dos tratamentos dos principais parâmetros, resultados e limites máximos permitidos.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Verifica-se no Quadro 4, que o sistema de tratamento proposto apresentou eficiência aproximada ao tratamento da empresa no parâmetro DBO, porém, nos demais parâmetros, DQO, OG e sólidos suspensos, as eficiências do sistema proposto foram superiores aos do tratamento realizado na empresa.

O parâmetro DBO atendeu os padrões da resolução CONAMA n° 430, com eficiência de 84% e, considerando que a empresa de saneamento admite efluentes com valores de DBO ou DQO excedendo até 10% aos limites máximos, o valor de 320,4 mg/L O₂ para DBO está dentro dos parâmetros para lançamento na rede de esgoto.

O OG apresentou altos valores nos três pontos amostrados (Quadro 1) no sistema da empresa, e uma eficiência de 37% em sua remoção, não atendendo os padrões da resolução CONAMA n° 430/2011 e da empresa de saneamento. Já o tratamento proposto, apresentou uma eficiência de 97,8%, atendendo assim, à legislação pertinente.

Com base na análise dos dados de eficiência do tratamento realizado pela empresa e nos dados laboratoriais de caracterização do efluente (Quadros 1 e 4), é possível observar que os valores de sólidos suspensos foram maior no efluente tratado, isso se deve ao fato do sumidouro não estar infiltrando o efluente como deveria. É importante mencionar, que o poço absorvente instalado na área em estudo, não possui furos nas laterais para infiltração, ocorrendo à absorção apenas no fundo, causando assim, o acúmulo do efluente de várias lavagens e o aumento da carga poluidora.

4 | CONCLUSÃO

Embora a reciclagem de plástico seja de grande relevância no tratamento desses resíduos, pode trazer impactos negativos sobre o meio ambiente e à saúde pública. Logo, uma das premissas deste estudo se justifica ao explicitar a importância do tratamento adequado da água residuária advinda do processo de lavagem das embalagens plásticas.

O sistema de tratamento de efluente proposto se mostrou apto quanto às eficiências na remoção dos poluentes analisados. O emprego da caixa separadora de água e óleo apresentou ótimo desempenho na remoção de OG, alcançando uma eficiência de 97,8%. O parâmetro DBO atingiu eficiência de 84%, evidenciando a elevada remoção de matéria orgânica pelos tanques sépticos. Os sólidos suspensos com 94,4% de remoção, demonstrou a eficácia do emprego da peneira estática na remoção de sólidos suspensos grosseiros e dos tanques sépticos que fizeram a decomposição da fração orgânica presente nos sólidos, tanto suspensos quanto dissolvidos.

A simplicidade da manutenção e operação do sistema refletem diretamente no custo-benefício do mesmo. O custo de implantação do sistema de tratamento biológico é baixo, mesmo com os demais compartimentos, como a peneira e a caixa separadora de água e óleo. As despesas geradas pelo sistema são reduzidas, considerando que não é necessário a adição de produtos químicos e mão de obra especializada para realizar a

manutenção e operação.

Conclui-se ainda, que este sistema influencia diretamente na conservação do solo, água subterrânea e recursos hídricos com a minimização dos impactos provenientes da destinação incorreta destes efluentes. Portanto, o sistema de tratamento proposto mostrou ser uma ótima alternativa para o tratamento do efluente gerado na lavagem de material plástico da empresa de reciclagem.

REFERÊNCIAS

APHA. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 23 ed. Washington, DC. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário.** Rio de Janeiro, p.12, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro, p.60, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14605: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis – Sistema de drenagem oleosa em posto revendedor de combustíveis automotivos.** Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9897: Planejamento e amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.** Rio de Janeiro, p.14, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.** Rio de Janeiro, p.22, 1987.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (Brasil); COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia nacional de coleta de preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos.** Brasília, DF: ANA; São Paulo: CETESB, 2011.

ANDRADE, H. H. B.; MARTINS, L. F. V.; BORBA, A. L.; KAICK, T. S. V.. Proposta de uma sistema de tratamento de efluentes de lavagem de veículos utilizando zona de raízes. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO, 2. **Anais.** São Paulo: ABAS, 2011.

ANDRADY, A. L.. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, vol. 62, p. 1596-1605, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>

BORDIN, A.; SILVEIRA, U. S.; FRANK, F.; BETTIOL, V. R.. Reciclagem de plástico e Tratamento de efluentes: uma possibilidade para reuso da água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 3. **Anais.** Goiânia: IBEAS, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n° 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2011.

BRAZ, L. M.; AGUIAR, A. B. S.; RODRIGUEZ, R.P. Potential for anaerobic treatment of wastewater from pet bottle washing in a fluidized bed reactor. **Journal of Water Process Engineering**, v.31, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100817>

CAMPOS, R. F. F.; BORGA, T.; VAZQUEZ, E. M.. Monitoreo de uma estação de tratamento de efluentes proveniente de uma empresa de reciclagem de plástico del município de Caçador, Santa Catarina, Brasil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v.21, n.2, p.158-165, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5902/2236117028138>

FARIA, F. P.; PACHECO, E. B. A. V. A reciclagem de plástico a partir de conceitos de Produção Mais Limpa. **Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, n.3, p.93-107, 2011.

FREITAS, D. J.; MELO, D. C. P.. Alternativa para redução do consumo de água potável no processo da indústria de transformação de plásticos. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.1, p.115-130, 2020. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.001.0012>

GU, Y.; ZHOU, G.; WU, Y.; XU, M.; CHANG, T.; GONG, Y.; ZUO, T.. Environmental performance analysis on resource multiple-life-cycle recycling system: Evidence from waste pet bottles in China. **Resources, Conservation & Recycling**, v.158, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104821>

JABŁOŃSKA, B.. Water consumption management in polyethylene terephthalate (PET) bottles washing process via wastewater pretreatment and reuse. **Journal of Environmental Management**, v.224, p.215-224, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.07.054>

LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L. M.. **Tratamento de minérios**. 4 ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004.

RODRIGUES, Q. S.; LIMA, C. A.; SANTOS, R. P.; SPELTA, A. C. F.; SILVA, I. J.. Influência da segregação de efluentes no desempenho do tratamento de águas residuárias de frigorífico. In: Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais, 4. **Anais**, Rio de Janeiro: SBERA, 2015.

REMÉDIO, M. V. P.; ZANIN, M.; TEIXEIRA, B. A. N.. Caracterização do Efluente de Lavagem de Filmes Plásticos Pós-Consumo e Determinação das Propriedades Reológicas do Material Reciclado. **Revista Polímeros**, São Carlos, v.9, n.4, p. 177-183, 1999.

SANTOS, A. S. F.; TEIXEIRA, B. A. N.; AGNELLI, J. A. M.; MANRICH, S.. Characterization of effluents through a typical plastic recycling process: An evaluation of cleaning performance and environmental pollution. **Resources Conservation & Recycling**, vol. 45, p. 159-171, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2005.01.011>

SILVA, V. F.; ALVES, A. A. A.; TONES, A. R. M.; SANTOS, B. L. B.; FERREIRA, J. V. T.. Avaliação da eficiência de tanque séptico no tratamento de esgoto sanitário e proposição de tecnologia complementar por meio de modelo de apoio multicritério à decisão. In: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 11. **Anais**. Porto Alegre: UFRGS, 2018.

SILVA, J. A.; MELO, C. M. T.. Estudo de caso: Eficiência de uma estação de tratamento de efluente de empresa de reciclagem de garrafas PET. **Revista Inova Ciência & Tecnologia**, Uberaba, v.4, n.2, p.18-23, 2018.

VASCONCELOS, Y.. Planeta Plástico. **Revista Pesquisa FAPESP**, v.281, p.19-24, 2019.

VON SPERLING, M.. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**.4 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

YANG, L.; LI, K.; CUI, S.; KANG, Y.; AN, L.; LEI, K.. Removal of microplastics in municipal sewage from China's largest water reclamation plant. **Water Research**, v. 155, p.175-181, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.046>

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



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



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