

Maria Elanny Damasceno Silva
(Organizadora)



Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental 2

Atena
Editora
Ano 2020

Maria Elanny Damasceno Silva
(Organizadora)



Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental 2

 **Atena**
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima

Luiza Batista 2020 by Atena Editora

Maria Alice Pinheiro Copyright © Atena Editora

Edição de Arte Copyright do Texto © 2020 Os autores

Luiza Batista Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Revisão Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora

Os Autores pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
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 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

Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
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. 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 Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. 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
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
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 Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba

Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional

Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais

Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos

Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo

Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas

Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília

Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás

Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia

Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases

Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil

Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita

Prof. Me. Eivaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí

Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora

Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé

Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas

Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo

Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária

Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná

Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina

Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro

Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza

Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College

Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social

Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe

Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay

Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA

Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis

Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará

Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ

Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás

Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe

Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados

Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná

Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Meio ambiente, recursos hídricos e saneamento ambiental

2

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário: Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Edição de Arte: Luiza Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Maria Elanny Damasceno Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

M514 Meio ambiente, recursos hídricos e saneamento ambiental 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Maria Elanny Damasceno Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-219-7

DOI 10.22533/at.ed.197202407

1. Educação ambiental. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Meio ambiente – Preservação. I. Silva, Maria Elanny Damasceno.

CDD 363.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br


Ano 2020

APRESENTAÇÃO

Prezado leitor (a), a obra Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Básico da série 2 e 3, englobam a temática das ciências ambientais no contexto teórico e prático de pesquisas voltadas para a discussão da preservação e recuperação dos recursos naturais, bem como a criação de métodos e tecnologias que contribuem para a redução dos impactos ambientais oriundos dos desequilíbrios das ações humanas.

O volume 2 contém capítulos que tratam da educação ambiental por meio de projetos interdisciplinares em ambientes educacionais e comunitário. Além disso, as pesquisas apresentadas apontam tecnologias diversas que auxiliam no monitoramento de áreas protegidas, risco de queimadas em florestas e simuladores de erosão em solo para formulação de dados sedimentológicos.

Em relação as tecnologias sustentáveis são divulgados estudos sobre os benefícios dos telhados verdes para captação de águas pluviais e o uso de biodigestores em propriedades rurais e zonas urbanas para o tratamento de matérias orgânicas utilizadas na geração de energia, gás e biofertilizantes. Sobre efluentes industriais e domésticos é indicado método de depuração aplicado em Estações de Tratamentos de Esgotos, assim como *Wetlands* construídas para eliminar a deterioração das bacias hídricas.

Diante do crescimento populacional em zonas urbanas é mostrado a necessidade de redimensionamento de área urbana próxima às áreas de inundações, complementando com o estudo sobre a atualização de Plano de Saneamento Básico municipal para controle de enchentes. E por fim, acerca de inundações em locais impermeáveis é evidenciado um sistema de infiltração de águas de chuvas que facilita o escoamento no solo.

No volume 3 é tratado da parceria entre gestores nacionais e internacionais de recursos hídricos a fim de fomentar a Rede Hidrometeorológica do país. As questões jurídicas ganham destaque na gestão ambiental quando se refere ao acesso à água potável na sociedade. E como acréscimo é exposto um modelo hidro econômico de alocação e otimização de água. As águas fluviais compõem uma gama de estudos contidos neste exemplar. Os assuntos que discutem sobre rios e praias vão desde abordagens metodológicas para restaurar rios, análises das características das praias de águas doces sobre o desenvolvimento do zooplâncton e composição granulométrica dos sedimentos dos corpos hídricos.

É destaque para a importância e conservação das Bacias de Detenção de águas de chuvas em zona urbana, como também os sistemas de controle da vazão das águas pluviais na prevenção de enchentes, assoreamento e erosões nas margens de rios. Os modelos matemáticos, hidrogramas e suas correlações são fatores que estimam volume das vazões nas áreas atingidas e servem como instrumentos eficazes preventivos contra inundações inesperadas. Similarmente, a modelagem pode ser bem inserida em um estudo que trata dos componentes aquáticos na qualidade das águas de rios.

A respeito da qualidade da água são mencionados ensaios físico-químicos e microbiológicos coletados em um rio e averiguados com base nos parâmetros das portarias e resoluções nacionais. No quesito potabilidade da água é exibido uma pesquisa com foco nas águas pluviais captadas e armazenadas em cisternas de placas.

Por último, salienta-se os estudos que substituem aparelhos hidrosanitários por modelos que reduzem a quantidade de água descartada, da mesma forma tem-se a substituição de válvulas redutoras de pressão por turbo geradores a fim de verificar a viabilidade financeira e energética em uma Companhia de Abastecimento metropolitano.

Portanto, os conhecimentos abordados e discutidos sem dúvidas servirão como inspiração para trabalhos futuros, replicação em outras regiões como também favorecerá para a minimização dos impactos ambientais provocados a longo prazo, além de ser modelos norteadores de consciência ecológica na sociedade.

Excelente leitura!

Maria Elanny Damasceno Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ORTA ESCOLAR COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA E INTERDISCIPLINAR DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NUMA ESCOLA ESTADUAL DE ARAPUTANGA-MT	
Leiliane Erminia da Silva Stefanello Victor Hugo de Oliveira Henrique Dhiogo Mendes de Andrade Renata Cristina Cordeiro Gilmara Matos Centeno Ana Paula Batista Silva de Lima José Antônio da Silva Andrade Juliana Alves de Jesus Quevedo Jeferson dos Santos Capelletti Maria das Dores Pereira de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.1972024071	
CAPÍTULO 2	13
PROJETO ENGENHEIROS DO FUTURO: O LÚDICO COMO PRINCÍPIO DE APRENDIZAGEM DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL	
Leonardo Di Paulo da Silva Chaves Luciana Andréa Tiberi Moreira Raphaela Tacine Pinto Modesto Gabriel Vinícius Fernandes Miranda Gleicy Karen Abdon Alves Paes	
DOI 10.22533/at.ed.1972024072	
CAPÍTULO 3	19
PROJETO AQUARELA: A ECOTÉCNICA DE PRODUÇÃO DE TINTAS DE SOLO COMO MÉTODO PARA REVITALIZAÇÃO DE AMBIENTES	
Jeane de Fátima Cunha Brandão Lívia Ferreira Coelho Kelly Mesquita Clemente Isac Jonatas Brandão	
DOI 10.22533/at.ed.1972024073	
CAPÍTULO 4	27
CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E ALTERNATIVA DE RENDA PARA A COMUNIDADE RIBEIRINHA DO RIO JARUMÃ NA AMAZÔNIA TOCANTINA: UMA EXPERIÊNCIA EM CONSTRUÇÃO	
Josiel do Rego Vilhena	
DOI 10.22533/at.ed.1972024074	
CAPÍTULO 5	35
ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO: UMA ANÁLISE DAS SOBREPOSIÇÕES COM EMPREENDIMENTOS DE 1998 A 2016	
Marília Teresinha de Sousa Machado Francisca Deuzilene Nobre de Lima Camila Santana da Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.1972024075	

CAPÍTULO 6	47
ANÁLISE DO RISCO DE QUEIMADA COM USO DO MAPA DE KERNEL NO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PA	
Layla Bianca Almeida Dias	
Thiago dos Reis Lima	
Gleidson Marques Pereira	
Glauber Epifanio Loureiro	
Gleicy Karen Abdon Alves Paes	
Seidel Ferreira dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.1972024076	
CAPÍTULO 7	56
AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE SOLOS APÓS INCORPORAÇÃO DE PALHA DE CAFÉ	
Daniel Lucas Prudêncio	
Aurélio Azevedo Barreto Neto	
Vinícius Pedro de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.1972024077	
CAPÍTULO 8	64
TELHADO VERDE UMA ALTERNATIVA DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA: UMA REVISÃO	
Janine Farias Menegaes	
Toshio Nishijima	
Rogério Antônio Bellé	
Fernanda Alice Antonello Londero Backes	
DOI 10.22533/at.ed.1972024078	
CAPÍTULO 9	78
SISTEMA PARA INFILTRAÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS NO SOLO E SUBSOLO DE CURITIBA EM VIAS URBANIZADAS	
Vinicios Hyczy do Nascimento	
Ernani Francisco da Rosa Filho	
Luiz Eduardo Mantovani	
Eduardo Chemas Hindi	
DOI 10.22533/at.ed.1972024079	
CAPÍTULO 10	90
NECESSIDADE DE ESTUDOS DE REDIMENSIONAMENTO DIANTE DE INUNDAÇÕES URBANAS: UM ESTUDO DE CASO DO CÓRREGO AFONSO XIII EM TUPÃ/SP	
José Roberto Rasi	
Roberto Bernardo	
Cristiane Hengler Corrêa Bernardo	
Valentim Cesar Bigeschi	
DOI 10.22533/at.ed.19720240710	
CAPÍTULO 11	104
SANEAMENTO BÁSICO E O SISTEMA DE ESPAÇOS LIVRES: ESTUDO DE CASO EM ARRAIAL DO CABO - RJ	
Aline Pires Veról	
Bruna Peres Battemarco	
Leonardo Henrique Silva dos Santos	
Viktória de Araújo Rutigliani	
Camilla Fernandes da Silva	
Daniel Carvalho da Costa	
Marcelo Gomes Miguez	
Raquel Hemerly Tardin-Coelho	
DOI 10.22533/at.ed.19720240711	

CAPÍTULO 12	115
SISTEMA DE TRATAMENTO <i>COMMUNITY ON-SITE</i> DE EFLUENTES POR MEIO DE WETLANDS CONSTRUÍDAS: METODOLOGIA DE CÁLCULO E IMPLANTAÇÃO	
Mateus Francisquini Bruna Pereira da Silva Regiane Soares Xavier	
DOI 10.22533/at.ed.19720240712	
CAPÍTULO 13	137
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO COEFICIENTE DE DESOXIGENAÇÃO NO MODELO DE AUTODÉPURAÇÃO UTILIZANDO EFLUENTES DE LATICÍNIO	
Duwylho Moraes Guedes Francisco Javier Cuba Teran Priscila Gracielle dos Santos Aguiar	
DOI 10.22533/at.ed.19720240713	
CAPÍTULO 14	152
APLICABILIDADE DE BIODIGESTORES (REATORES ANAERÓBIOS) PARA O SANEAMENTO AMBIENTAL	
Ricardo Salles Hermanny Carin von Mühlen Carlos Eduardo de Souza Teodoro Rodrigo José Marassi	
DOI 10.22533/at.ed.19720240714	
CAPÍTULO 15	164
USO DE BIODIGESTOR EM COMUNIDADES RURAIS DA GUINÉ-BISSAU PARA GERAÇÃO DE ENERGIA, BIOFERTILIZANTE E SANEAMENTO	
Nino Júlio Nhanca Carlos Alberto Mendes Moraes	
DOI 10.22533/at.ed.19720240715	
SOBRE A ORGANIZADORA	178
ÍNDICE REMISSIVO	179

SISTEMA DE TRATAMENTO *COMMUNITY ON-SITE* DE EFLUENTES POR MEIO DE WETLANDS CONSTRUÍDAS: METODOLOGIA DE CÁLCULO E IMPLANTAÇÃO

Data de aceite: 01/07/2020

Data de submissão: 03/04/2020

Mateus Francisquini

UNIPAR – Universidade Paranaense,
Departamento de Engenharia Civil
Cascavel – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/1528190560872464>

Bruna Pereira da Silva

UNIPAR – Universidade Paranaense,
Departamento de Engenharia Civil
Cascavel – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/4936963175792931>

Regiane Soares Xavier

UNIPAR – Universidade Paranaense,
Departamento de Engenharia Civil
Cascavel – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/5402436127315823>

RESUMO: Este estudo objetiva avaliar a possibilidade da execução de sistemas comunitários de tratamento de efluentes por meio de wetlands construídas como alternativa e tentativa de supressão da deterioração acelerada dos corpos receptores e suas bacias, visto que as cidades estão crescendo e quanto maior o volume de água utilizado, maior será a quantidade de água residuária lançada aos

mananciais de superfície. Faz-se necessário compreender que políticas públicas voltadas ao tratamento de efluentes que tenham custo benefício acessível para os cofres públicos são necessárias. No presente artigo é estabelecido um método de cálculo e implantação simplificados para melhor utilização do sistema, visando uma possível realização em cidades de pequeno, médio e grande porte. O sistema busca priorizar o déficit de saneamento básico encontrado no Brasil, aplicando materiais e sistemas construtivos baseados em bibliografias da área e fazendo especificações do método de implantação. Pode-se concluir ainda que são necessárias mais pesquisas na área de wetlands construídas para uma possível padronização de cálculo, no entanto, a pesquisa se mostra promissora. É de bom questionamento também sobre as resoluções governamentais relacionadas a poluições de corpos hídricos, as quais se mostram defasadas.

PALAVRAS-CHAVE: Wetlands construídas - implantação - esgoto - saneamento - cálculo.

COMMUNITY ON-SITE SYSTEM TREATMENT OF EFFLUENT THROUGH CONSTRUCTED WETLANDS: CALCULATION AND IMPLEMENTATION METHODOLOGY

ABSTRACT: This study aims to evaluate the possibility of running effluent treatment systems through wetlands built as an alternative and try to suppress the accelerated deterioration of receiving bodies and their basins, seen as cities that are growing and the greater or the volume of water used, the greater the amount of residential water released to surface water sources. It is necessary to understand that public policies aimed at the treatment of effluents that have accessible benefits accessible to public cafes are necessary. In this article, a simplified calculation and implantation method is established for the best use of the system, allowing for possible realization in small, medium and large cities. The search system prioritizes the basic sanitation deficit found in Brazil, applying materials and systems built based on bibliographies in the area and specifying the implementation method. It can also be concluded that more research is needed in the area of constructed wetlands for a possible standardization of calculation, however, a research shows promise. It is also a good question about measures related to pollution of water bodies, such as which are shown outdated.

KEYWORDS: Constructed wetlands - implantation - sewage - sanitation – calculation.

1 | INTRODUÇÃO

O sistema de tratamento de esgoto aparece como uma alternativa de amparo aos corpos hídricos. O mesmo tem como objetivo a retirada de matéria orgânica, nutrientes e organismos patogênicos dos efluentes residenciais, comerciais e industriais, sendo assim, podendo ser realizado por método físico, químico e biológico (METCALF & EDDY, 2003). No Brasil, seu funcionamento em sistema centralizado, majoritariamente, inicia pela coleta nas unidades consumidoras, passando pelo gradeamento, desarenação, decantação primária, peneiramento, tanque de aeração, decantação secundária, adensamento do lodo, digestão anaeróbica, condicionamento química do lodo, prensa das placas de lodo e por fim passando pelo secador térmico (CESAN, 2013).

O Brasil apresenta uma das maiores parcelas de água doce do mundo, contudo, a nossa conjuntura atual de crise hídrica e de poluição dos mananciais superficiais indicam que essa grande oferta já não é mais nossa realidade. Em face disto, a criação dos termos *água bem econômico* e *água bem natural* derivaram-se do pensamento de que ela é um bem natural finito, e a sua cobrança tem como função dar à população a ideia de seu valor real, e também para a arrecadação de recursos para financiamento de programas de recuperação e conservação dos recursos hídricos (THAME, 2000).

Sendo assim, devemos entender que na gestão do saneamento existem variáveis de longo prazo e curto prazo. As de longo prazo abrangem os campos políticos, sociais e ambientais. Já as de curto prazo remetem-se às exigências imediatas e aos imprevistos, pelo fato de ser um sistema operante 24 horas (ANJOS JUNIOR, 2011).

No Brasil, de acordo com o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS, 2017), cerca de 60,2% da população é atendida pela coleta de esgoto e, destes, apenas 46% é tratado antes do lançamento à natureza novamente. A ineficiência das ETEs (Estações de Tratamento de Esgotos), o esgotamento dos rios em fazer a autodepuração dos resíduos recebidos, visto que não existe uma depuração absoluta (VON SPERLING, 1996), e um fraco sistema de coleta são fatores que propiciam o aumento da deficiência do esgotamento sanitário. Segundo Anjos Junior (2011), o investimento necessário para universalizar todos os tipos de saneamento no Brasil, até 2020, deve ser superior a R\$240 bilhões.

Existem empresas que já abordam estratégias sustentáveis e efetivas para o tratamento de esgoto. As suas medidas focam em planejamento de saneamento ecológico por diferentes técnicas, afim de atender critérios de prevenção de doenças, proteção ambiental, reciclagem de nutrientes, de disponibilidade às comunidades de interesse social, aceitabilidade da população usuária e simplicidade de manutenção e operação (SANTOS, 2016).

O saneamento ecológico se baseia em três pilares: prevenir a poluição ao invés de tentar controlá-la depois de já poluído, sanear a urina e as fezes e usar produtos seguros para fins agrícolas. Este tratamento pode ser caracterizado como “higienizar e reciclar”, e estes são os princípios das *wetlands* e biodigestores, os quais procuram reproduzir os processos convencionais (WINBLAD; SIMPSON-HÉBERT, 2004).

Seguindo em frente, é notável que o sistema centralizado de tratamento de efluentes possui uma robustez estrutural e operacional, alto custo e custo-benefício não justificável (OLIVEIRA, 2013), já os sistemas descentralizados mostram como economizar dinheiro público, promovendo um melhor manuseio da bacia hidrográfica e sendo adaptável em diversas condições, apresentando um grande potencial de ser um dos melhores métodos de manejo do esgoto proveniente de domicílios (BURIAN et al., 2000).

O pensamento de sistemas descentralizados vem crescendo desde o século XX, com a justificativa de que a sua implantação supriria a lacuna da parte excluída da população, um sistema digno de coleta e tratamento de esgoto (PARASKEVAS et al., 2002; OLIVEIRA, 2013). Os sistemas Comunitários (*Community On-Site*) tratam o efluente residencial e comercial, fazendo a exclusão de efluentes industriais, em áreas próximas da sua implantação, servem tanto para uma residência, quanto para um número muito superior a 100 (USEPA, 2005; MASSOUND et al., 2009; OLIVEIRA, 2013).

Os sistemas alternativos de tratamento de esgoto vêm sendo muito utilizados, por priorizarem a facilidade de construção e manutenção, a qualidade ambiental e de vida, necessitarem de baixo investimento quando comparados a sistemas convencionais e utilizarem racionalmente os recursos naturais, com foco nos princípios da sustentabilidade (BENASSI, 2018).

Raciocinando mais à frente, como alternativa para extinção do déficit já citado, a

criação de *wetlands* construídas cultivando plantas, as quais tiveram suas pesquisas iniciadas no Brasil no começo de 1980 pelos pesquisadores Salati e Rodrigues (CUNHA; MERLIM; SEVERIANO JUNIOR, 2018).

Este método de tratamento consiste em sistemas alagados ou não, desenvolvidos para o tratamento secundário e terciário. Eles são projetados para utilizar plantas aquáticas, rizomáticas ou não, e micro-organismos para controlar os poluentes na água (CUNHA; MERLIM; SEVERIANO JUNIOR, 2018).

Estações para tratamento de efluentes devem ser estudadas minuciosamente antes da implantação e as *wetlands*, neste caso, apresentam um maior custo-benefício, tratando de um ícone de sustentabilidade e paisagismo, sendo esta uma tecnologia de tratamento de esgoto que autoriza sua presença dentro de uma cidade, não trazendo os ruídos e odores que uma estação usual traz (KADLEC; WALLACE, 2009).

Os efluentes domésticos e industriais lançados sem tratamento nos rios são as principais fontes de eutrofização dos mesmos. As redes de coleta, apesar de estarem aumentando, não estão sendo acompanhadas junto com as estações de tratamento. A gestão dos recursos públicos está sendo administrada de forma irregular, a presença de um projeto bem executado e um bom gerenciamento são deficientes. Aspectos técnicos, institucionais, legais e econômicos não são levados em consideração quando se pensa na instalação de uma estação de tratamento de esgoto (SOUZA; SANTOS, 2015). Um defeito gerado historicamente, reproduzindo um pensamento de país subdesenvolvido.

2 | JUSTIFICATIVA

O tratamento de esgoto é uma alternativa para sanar o problema da participação da deterioração do meio ambiente, em especial a fauna e flora dos rios. Mesmo a água ocupando a maior porcentagem em área no planeta, sabemos que apenas 3,0% são doces (RIBEIRO; ROLIM, 2017), mas nem sempre própria para consumo, devido à falta de ações sustentáveis. De 1950 para 1995, a disponibilidade mundial per capita por ano de água doce reduziu de 17 mil m³ para 7.300 m³ (PHILIPPI JUNIOR, 2005) e com o aumento da população, essa diferença aumenta ainda mais, fica explícita a necessidade do enfoque nos sistemas de tratamento de esgoto (BURIAN et al, 2000), já que a conservação dos recursos hídricos depende diretamente da manutenção do controle de poluição, como o tratamento de efluentes, e em consequência disto, leva à diminuição do volume dos mesmos lançados nos corpos receptores (SANTOS, 2016).

Segundo Archela et al. (2003), quanto maior o volume de água utilizado, maior será a quantidade de água residuária lançada aos mananciais de superfície, e conseqüentemente, sua deterioração será maior e mais veloz. E se lançados rio acima da captação de água, a vida rio abaixo será prejudicada.

O Relatório de Gestão dos Problemas e de Resultados (BRASIL, 2016) explana vetores poluidores que não estão presos apenas ao físico e biológico, mas também ao visual. Os problemas comprometem o setor social, ambiental e econômico: favorecem o crescimento de doenças relacionadas à água contaminada – onde de acordo com a FUNASA (2004), a cada R\$1,00 investido em saneamento básico, são economizados R\$4,00 em tratamento de doenças derivadas da água –, desequilíbrio dos ecossistemas e impedem o desenvolvimento de empresas que utilizam de água potável.

Dados apresentados por Souza e Santos (2015), indicam que as despesas totais médias nas estações de tratamento brasileiras são superiores ao valor arrecadado, demonstrando assim a dificuldade do mantimento dos serviços. A falta de planejamento é evidente, com a implantação de ETEs que operam muito aquém da capacidade de projeto, devido aos baixos índices de rede coletora de esgotos, além de um desempenho, muitas vezes, insatisfatório em função das exigências pouco restritivas por parte da legislação federal. De um lado, o Brasil se preocupa em elevar índices de atendimento, mas sem promover uma gestão eficiente com a infraestrutura adequada, educação e envolvimento da população e fiscalização (SOUZA; SANTOS, 2015).

Consoante com Santos (2016), devemos deixar a visão sistêmica de viabilidade técnica e econômica que nos prende em pensamentos passados e procurar introduzir novos valores baseados em questões sociais e ambientais, sempre lembrando que o ser humano também é natureza.

A instalação de sistemas descentralizados para o tratamento de esgoto das comunidades é uma alternativa executável por se adequarem às necessidades econômicas, ambientais e sociais de cada região, possibilitando que o efluente retorne para a sua bacia de origem (MASSOUD et al, 2009; GOMES, 2015). E, muito embora, o Brasil seja um dos países pioneiros em utilização de sistemas descentralizados, como tanques sépticos, os mesmos não cumprem com sua finalidade devido à falta de análise de projetos e de acompanhamento e execução e de operação destes (CHERNICHARO, 1997).

A universalização dos serviços de saneamento, em nosso país, só poderá ser plenamente atendida com a implementação de políticas públicas sérias e privilegiar os sistemas simplificados de infraestrutura sanitária, que aliem eficiência e baixo-custo (CHERNICHARO, 1997).

O sistema centralizado apresenta discrepâncias, favorecendo parte da população que vive em cidades mais antigas e com um teor populacional elevado e isto, no nosso país, é exatamente o esperado. A demanda pelo uso dos recursos naturais em cidades de grande e médio porte aumenta de forma desigual à das de baixo porte. A partir disto, o sistema descentralizado tenta trazer soluções de aspecto e custo menores para as pequenas cidades e vilas.

Fazendo a contemplação do já apresentado, a combinação do sistema descentralizado de esgoto e o de tratamento por meio de *wetlands* construídas podem fazer a proteção do

valor de uma propriedade, colaborando com a conservação de água e mantendo o fluxo de riachos e rios dentro da microbacia hidrográfica (OLIVEIRA, 2013).

Segundo Yamamoto e Canali (2012), atualmente se faz necessário compreender os sistemas e serviços naturais que correm riscos de não poderem romper o ciclo constituído pelos impactos e repostas que se manifestem na degradação das águas. Pesquisas para desenvolvimento econômico com âmbito sustentável se fazem necessárias e nestas políticas devemos considerar os importantes serviços das *wetlands*.

Os efluentes domésticos são ricos em elementos como o nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e é reputado que as plantas, em sua maioria, usufruem destes elementos para seu desenvolvimento. Assim sendo, os *wetlands* construídos são capazes de promover a depuração de águas residuárias através de uma combinação de processos químico, físico e biológicos, que incluem sedimentação, precipitação, adsorção às partículas do material filtrante, assimilação pelos tecidos das plantas e transformações microbiológicas (TREIN et al, 2015). As plantas possuem a função de adsorção de partículas, nutrientes e metais pelo seu sistema radicular, pela ação de microrganismos associados às suas rizosferas (ENEAS SALATI, 2006). As plantas cobrindo certa parcela solo também podem reduzir o potencial de erosão, visto que a erosão afeta a distribuição de matéria orgânica em toda a superfície terrestre (PATIL et al., 2018).

Segundo MacNabb (1976) e Eneas Salati (2009), a utilização dos *wetlands* construídos são recomendadas para os estágios finais do tratamento de esgoto e Eneas Salati (2006) reforça dizendo que usando um sistema integrado de *wetlands* construídas, focadas no tratamento secundário e terciário, além de termos da remoção de nutrientes, acontece também a redução da DBO e da DQO.

No entanto, no Brasil ainda não há uma tendência de padronização de uso, muito menos uma nomenclatura padronizada, sendo comum encontrar em diversas literaturas com diferentes denominações (SEZERINO et al, 2015).

O Brasil apresenta ótimas condições climáticas e ambientais para a implantação de *wetlands* construídas, e adjunto, necessita de bons programadas para suprir a carência no tratamento de águas residuárias (CUNHA; MERLIM; SEVERIANO JUNIOR, 2018).

Perante o enorme déficit sanitário, aliado ao cenário epidemiológico e ao perfil socioeconômico brasileiro, contemplamos a necessidade de sistemas simplificados e de coleta e tratamento de esgotos. Neste caso, o sistema de *wetlands* construídas se encaixa perfeitamente em nossa situação atual. No presente artigo é estabelecido um método de cálculo e implantação simplificados para melhor utilização do sistema, visando uma possível realização em cidades de pequeno, médio e grande porte. O sistema busca priorizar o déficit de saneamento básico encontrado no Brasil, aplicando materiais e sistemas construtivos baseados em bibliografias da área e fazendo especificações do método de implantação.

3 | MATERIAIS E PROGRAMA EXPERIMENTAL

3.1 Materiais

A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida com base em material já elaborado por autores de livros, publicações periódicas e diversos, buscando fazer a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla para a aplicação do método de tratamento de esgoto descentralizado em estudo.

Por se tratar de um sistema não convencional de tratamento de esgoto, como demonstração, foi usada a ferramenta de criação 3D, Sketch Up.

3.2 Programa experimental

Sempre se atentando á ABNT NBR 12.209/2011 (Projeto de estações de esgoto sanitário) o presente método foi escolhido perante a análise a esta normativa. Os aspectos levados em consideração para a realização do manual de cálculo para este projeto são:

- Intensidade da rotina operacional (controle diário, semanal e quinzenal);
- Consumo energético (elementos eletromecânicos);
- Geração de subprodutos (lodo, espuma, odores, gases);
- Custo operacional (relaciona os itens acima);
- Possíveis falhas operacionais (descarte de lodos, limpeza de equipamentos, troca de equipamento, interrupção de energia, falha na dosagem de produtos químicos);
- Confiabilidade do processo em atender os objetivos de tratamento (legislação ambiental, água de reuso);
- Harmonia com o entorno (estética, apropriação da comunidade, percepção do usuário sobre a ETE).

A implantação do sistema de tratamento de *wetlands* construídas neste estudo foi pensada em forma de estágio dupla (Figuras 1 e 2), abrangendo o sistema secundário e terciário de tratamento de esgoto, desta forma, havendo uma ocupação de um grande espaço em terra.

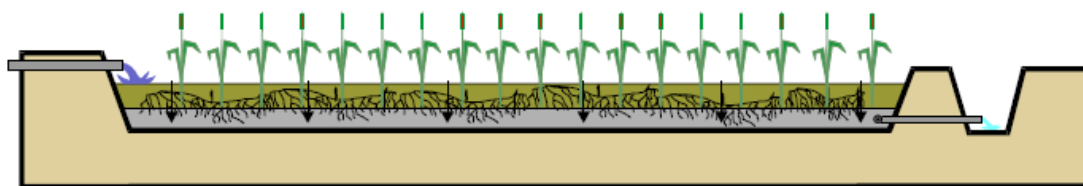


Figura 1 – Wetland de fluxo subsuperficial vertical.

Fonte: Salati et al. (2009)

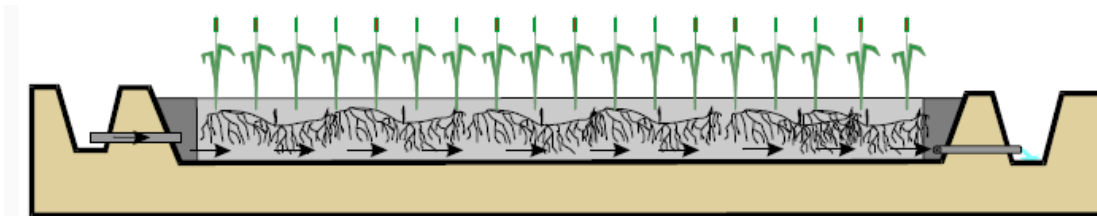


Figura 2 – Wetland de fluxo subsuperficial horizontal.

Fonte: Salati et al. (2009)

No entanto, dentro das cidades existem planos diretores que explanam a área destinada para praças e locais públicos abertos (Figuras 3 e 4), sendo assim, a inserção do projeto será feita neste tipo de espaço, logo, a execução não terá gastos fortuitos na compra de grandes extensões de terrenos em possíveis áreas nobres das cidades.



Figura 3 –Área destinada para tratamento preliminar e primário.

Fonte: Elaborado pelo autor deste artigo (2019).



Figura 4 –Implantação de *Wetlands* Construídas em praças públicas.

Fonte: Elaborado pelo autor deste artigo (2019).

O mapeamento do solo da região deve ser feito, fazendo a caracterização do tipo de solo, bem como resumos das propriedades do solo e condições das águas subterrâneas. Os solos são classificados por cientistas do solo com base em um complexo de características físicas e químicas. Informações sobre o solo que podem ser importantes durante o planejamento do projeto inclui a presença de solos hídricos, o qual poderia trazer uma possível restrição, posto que estamos trabalhando com efluentes com concentrações de elementos químicos danosos para a natureza (KADLEC; WALLACE, 2009).

O conhecimento do volume de efluente que estará entrando na *wetland* construída é de grande relevância para o dimensionamento da mesma, e para tal, usaremos a Tabela 1 da ABNT NBR 7229/1993 (Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante).

O tratamento preliminar, na aplicação em estudo, se dará pelo gradeamento de manutenção manual (Figuras 5 e 6), necessitando da presença de funcionários fazendo a limpeza da grade. A retirada dos sólidos grosseiros é feita por meio de grades, que podem

ser grossas, médias, finas e ultrafinas, dependendo do espaçamento nominal entre barras (NUCASE, 2008).

O dimensionamento do gradeamento deve ser conforme a ABNT NBR 12.208/1992 (Projeto de instalações elevatórias de esgoto sanitário).

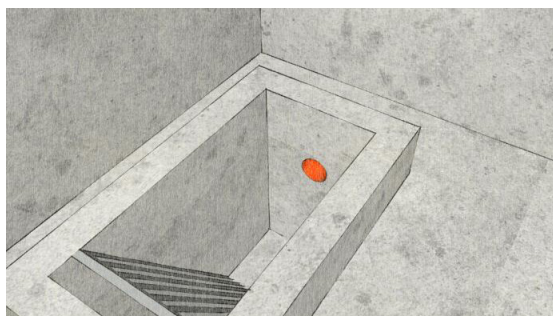


Figura 5 –Gradeamento conforme a ABNT NBR 12.208/1992.

Fonte: Elaborado pelo autor deste artigo (2019).

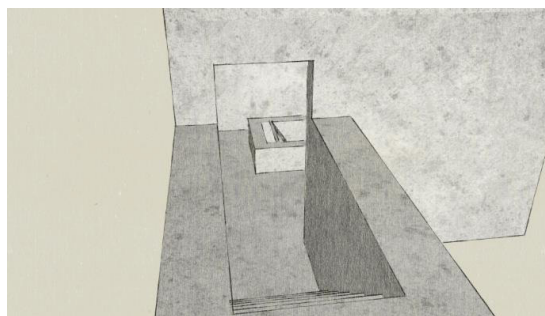


Figura 6 –Câmara do gradeamento.

Fonte: Elaborado pelo autor deste artigo (2019).

Para realização do tratamento primário teve-se a propensão para a escolha de um sistema de alta taxa com crescimento aderido de reatores de leito fixo.

O método de cálculo para a realização do filtro anaeróbico se dá pelos seguintes passos, segundo Chernicharo (1997).

Usando a Eq. 01, calculamos a contribuição diária de esgoto (Q):

$$Q = N.C \quad (Eq. 01)$$

Onde:

Q = contribuição diária (L/dia);

N = número de habitantes;

C = coeficiente de contribuição (L/habitante.dia).

Devemos fazer a descoberta do tempo de detenção hidráulica (TDH) no filtro conforme a Tabela 1 da ABNT NBR 7229/1993 (Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária).

Em seguida, com a Eq. 02 calculamos o volume do filtro anaeróbico:

$$V = 1,80.N.C.TDH \quad (Eq. 02)$$

Sendo que:

V = volume total do filtro (m³);

N = número de pessoas ou unidades de contribuição (hab. ou unid.);

C = contribuição de esgotos, conforme a Tabela 1 da ABNT NBR 7229/1993;

TDH = tempo de detenção hidráulica dos despejos, conforme Tabela 2 da ABNT NBR 7229/1993.

Fazemos então a determinação da seção transversal do filtro com a Eq. 03.

$$A = \frac{V}{H} \quad (\text{Eq. 03})$$

Onde:

A = área do filtro (m²);

V = volume útil calculado (m³);

H = profundidade útil do filtro (1,80 m).

Para conhecermos a vazão total na saída que existe em uma *wetland*, visto que devemos dimensionar o sumidouro a partir deste dado, necessitamos fazer os cálculos de saldos globais de água. Em *wetlands* construídas para tratamento de esgoto, a adição de águas residuais é normalmente o fluxo dominante, mas sob certas circunstâncias, outras transferências de água também são importantes. Esta dinâmica é dada pela Eq. 04, a qual conseguimos conhecer a vazão de saída:

$$Q_i + Q_c + (P \cdot A) - (ET \cdot A) = Q_o \quad (\text{Eq. 04})$$

Onde:

A = área superficial da *wetland* (m²);

ET = evapotranspiração (m/d);

P = precipitação (m/d);

Q_c = taxa de escoamento de captação (m³/d);

Q_i = taxa de fluxo de águas residuais na entrada (m³/d);

Q_o = taxa de fluxo de águas residuais na saída (m³/d).

A chuva que escoar pelas bermas das *wetlands* também devem adicionadas em seu saldo global de massa de água e é dado pela Eq. 05.

$$Q_c = \psi P A_c \quad (\text{Eq. 05})$$

Onde:

Q_c = taxa de fluxo proveniente da área das bermas (m³/d);

A_c = área de superfície de captação/área da berma (m²);

ψ = coeficiente de escoamento de captação (adimensional – adotar 1,0);

P = precipitação (m).

Observações: adota-se 1,0 para o coeficiente de escoamento de captação (ψ) pois a superfície das bermas é totalmente impermeável.

Devemos encontrar o valor da evapotranspiração, conjuntamente. É dado pela Eq. 06.

$$ET = K_c [P_w^{sat}(T_w) - P_{wa}] = K_c \Delta P_w \quad (\text{Eq. 06})$$

Onde:

K_c = coeficiente de transferência de massa de vapor de água (m/d.KPa);

P_{wa} = pressão de vapor de água ambiente (KPa);

$P_w^{sat}(T_w)$ = pressão de vapor de água de saturação em T_w (KPa);

T_w = temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$).

Distintivamente, a quantidade de água no ar ambiente é um valor conhecido. É calculado com a umidade relativa vezes a pressão de saturação da água na temperatura do ar ambiente, expresso na Eq. 07.

$$P_{wa} = RH \cdot P_w^{sat}(T_{ar}) \quad (\text{Eq. 07})$$

Onde:

RH = umidade relativa (%);

T_{ar} = temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$).

Verificou-se que o coeficiente de transporte da água é uma função linear da velocidade do vento, sendo a seguinte correlação uma das várias em uso comum (KADLEC; WALLACE, 2009), para tal, utilizamos a Eq. 08.

$$K_c = \frac{(4,82+6,38u)}{\lambda} = (10^{-3})(1,965 + 2,60u) \quad (\text{Eq. 08})$$

Onde:

u = velocidade do vento a dois metros de elevação (m/s);

$\lambda = \rho \lambda_m$ = calor latente volumétrico de vaporização de água (2,453 MJ/m³).

O valor da porosidade tem relação direta com a granulometria adotada para o meio filtrante, e deve ser consultada na literatura de materiais de construção ou nas especificações do material que será utilizado. Normalmente, o valor se encontra entre 0,30 e 0,40 (30 a 40%). Com o passar dos anos de funcionamento e o acúmulo de sólidos no meio filtrante, a porosidade pode reduzir (VON SPERLING; SEZERINO, 2018). O mesmo evento influencia no arrasto e na permeabilidade dos solos.

As *wetlands* construídas quando são aplicadas em tratamento de esgoto em nível secundário e terciário, geralmente, são compostas por areias e/ou brita. Estes materiais se tornaram os materiais mais empregados e bem qualificados; e é onde Cooper et al., (1996) e Paoli (2010) recomenda os seguintes índices físicos:

- Diâmetro efetivo (d_{10}) superior ou igual a 0,20 mm;
- Coeficiente de uniformidade ($U = d_{60}/d_{10}$) menor ou igual a 5 unidades;
- Coeficiente de permeabilidade, ou condutividade hidráulica saturada, maior ou igual a 10⁻⁴ m/s.

Para determinarmos o coeficiente de decaimento do poluente, temos a Eq. 12.

$$K_T = K_{20}(\theta)^{(T-20)} \quad (\text{Eq. 09})$$

Onde:

K_{20} = Constante de decaimento a 20 $^{\circ}\text{C}$ (d-1);

θ = Coeficiente de temperatura (e);

T = temperatura da *wetlands* construída (°C).

Os valores da constante K20 e do coeficiente de temperatura (θ) dependem do poluente a ser removido. Na Tabela 3 estão expressos os principais valores.

Tipo de wetland construído	Poluente	Temperatura (°C)	Constante de decaimento K20 (d-1)	Coeficiente de temperatura
Fluxo Subsuperficial	DBO5,20	20	1,104	1,06
	Nitrogênio amoniacal (NH4)		0,2187	1,048

Tabela 3 – Principais valores encontrados para K20 e θ para *wetlands* construídas de fluxo subsuperficial.

Fonte: Adaptado de Kadlec; Wallace, 2009; Benassi et al, 2018.

Com os parâmetros pré-definidos, é possível encontrarmos a área superficial da *wetland* em estudo com a Eq. 10.

$$A_s = \frac{Q_i \cdot (\ln C_o - \ln C_e)}{Kt \cdot p \cdot n} \quad (Eq. 10)$$

Onde:

As = área superficial do leito (m²);

Qi = vazão total através do leito (m³/d);

Co = concentração do poluente no afluente – concentração de entrada (mg/L);

Ce = concentração do poluente no efluente – concentração de saída (mg/L);

Kt = coeficiente de decaimento do poluente (d-1);

N = porosidade do material filtrando (%);

P = profundidade média do filtro (m).

Segundo Benassi et al (2018), o tempo de detenção ideal para *wetlands* construídos de fluxo subsuperficial deve variar entre 2 e 5 dias.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Adotando-se uma hipótese de uso em um condomínio na cidade de Cascavel – PR de 87 residências com uma média de 4 habitantes, totalizando 348 habitantes e *wetlands* construídas de 30 m X 5 m X 1,5 m.

Eq. 1

Q = N.C

Q = 348.130

Q = 45.240 L/dia

Como 90% de todo esgoto é formado por água, para determinação de vazões e área na *wetland* construída, deve-se utilizar o valor de 40.716 L/dia.

Eq. 2

$$V = 1,80 \cdot N.C.TDH$$

$$V = 1,80 \cdot 348 \cdot 130 \cdot 0,5$$

$$V = 40.716 \text{ m}^3$$

Eq. 3

$$A = V/H$$

$$A = 45240/1,80$$

$$A = 25.133,33 \text{ m}^2$$

Eq. 4

$$Q_i + Q_c + (P.A) - (ET.A) = Q_o$$

$$40,716 + 0,177135 + (0,177135 \cdot 35) - (0,046 \cdot 35) = Q_o$$

$$Q_o = 45,48 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Eq. 5

$$Q_c = \psi \cdot P.A_c$$

$$Q_c = 1.5,061 \cdot 10 \cdot 3.35$$

$$Q_c = 0,177135 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Eq. 6

$$ET = K_c [P_w^{sat}(T_w) - P_{wa}] = K_c \Delta P_w$$

$$ET = 0,09765 \cdot [2,339 - 1,8712]$$

$$ET = 0,046 \text{ m}/\text{dia}$$

Eq. 7

$$P_{wa} = RH P_w^{sat}(T_{ar})$$

$$P_{wa} = 0,80 \cdot 2,339$$

$$P_{wa} = 1,8712 \text{ KPa}$$

Eq. 8

$$K_c = (10^{-3}) \cdot (1,965 + 2,60 \cdot u)$$

$$K_c = (10^{-3}) \cdot (1,965 + 2,60 \cdot 3)$$

$$K_c = 0,09765 \text{ m}/\text{dia} \cdot \text{KPa}$$

Eq. 9

$$K_T = K_{20}(\theta)^{(T-20)}$$

$$K_{T \text{ DBO5,20}} = 1,104 \cdot 1,06^{(40-20)}$$

$$K_{T \text{ DBO5,20}} = 3,54$$

$$K_{T \text{ NH4}} = 0,2187 \cdot 1,048^{(40-20)}$$

$$K_{T \text{ NH4}} = 0,56$$

Eq. 10

$$A_s = \frac{Q_i \cdot (\ln C_o - \ln C_e)}{K_t \cdot p \cdot n}$$

$$A_s \text{ DBO5,20} = [45,48 \cdot (133 - 53,2)] / (3,54 \cdot 1,50 \cdot 0,35)$$

$$A_s \text{ DBO5,20} = 1.952,81 \text{ m}^2$$

$$\text{As NH}_4 = [45,48.(70-20)]/(0,56.1,50.0,35)$$

$$\text{As NH}_4 = 7.734,69 \text{ m}^2$$

Totalizando 52 wetlands construídas. 26 wetlands de tratamento secundário e 26 wetlands de tratamento terciário.

A apresentação do presente método visa priorizar a universalização do saneamento básico e a minimização da rápida deterioração dos rios por meio de pequenas estações de tratamento com *wetlands* construídas em espaços abertos e públicos. Neste caso, o método tenta diminuir ao máximo o espaço necessário para a implantação das wetlands construídas, realizando cálculos que se aproximam da realidade. A bibliografia mostra que existe apenas um consenso entre os pesquisadores sobre qual método de cálculo é o melhor a ser aplicado, os quais podem estar gerando dúvidas em alguns casos (VON SPERLING; SEZERINO, 2018).

O uso das NBRs neste projeto de implantação é de crucial importância, pois mostram que este mecanismo de tratamento de esgoto pode atender todas as legislações ambientais impostas, tanto as de intensidade da rotina operacional, consumo energético, geração de subprodutos e custo operacional, quanto a de confiabilidade do processo e harmonia com o entorno.

Muitos pesquisadores já mostram a ideia da implantação de *wetlands* construídas em meio às cidades, seja no tratamento de efluentes de uma residência ou de uma empresa, como no tratamento de águas poluídas de córregos e rios (SALATI, 2009; MATTOSO, 2014; GODINHO; GUEDES, 2017).

São apresentados grandes espaços para ocupação das wetlands. Sezerino *et al.* (2015) mostra a variação nas áreas das wetlands construídas de acordo com estudos publicados no Brasil até o ano de 2011. Neste, é mostrado que 45% de todas as wetlands construídas possuem áreas alagas ou plantadas superiores a 10m².

Um caso a destacar é a despoluição do Rio Sena, na França. Onde o governo apostou na ideia da criação do Parque 'du Chemin de L'le', na cidade de Nanterre, região metropolitana de Paris. Este parque oferece cerca de 145.000 metros quadrados para os visitantes, onde, em sua maioria territorial, é ocupada por wetlands construídas, agregando ao trabalho de despoluição urbana, um belo paisagismo (FEIJÓ, 2016).



Figura 7 –Parque 'du Chemin de L'le'em Nanterre/França

As especificações do tratamento preliminar servem para diminuir o lodo e espuma e melhorar a qualidade dos mesmos (LOBATO *et al.*, 2018). As barras devem suportar os impactos provenientes dos sólidos no afluente. Geralmente, as seções transversais são retangulares e podem ser instaladas em posição inclinada acima de 45° , sendo o mais recomendado inclinação entre os 70° e 85° , principalmente para grades finas e ultrafinas.

O tratamento primário tem o objetivo de remover sólidos suspensos que podem acabar sendo sedimentados nos processos seguintes. Os sólidos removidos são matéria orgânica, assim sendo, no tratamento primário já existe certa diminuição da DBO (GEHLING, 2017). Segundo Von Sperling (1997), o tratamento primário por sistemas anaeróbios no Brasil encontra-se com uma grande aplicabilidade, devido às vantagens inerentes e às condições climáticas existentes em nosso país.

O método de cálculo apresentado para a realização do sistema de alta taxa com crescimento aderido de reatores de leito fixo foi estipulado por Chernicharo (1997) em sua bibliografia *Reatores Anaeróbios*. Ele é descrito por ter um material de empacotamento estacionário ao quais os sólidos suspensos ainda existentes podem ficar retidos. Durante certo tempo em que a massa fica retida no meio suporte, a mesma degrada o substrato contido no fluxo de esgoto.

Não houve mudanças em seu procedimento, visto que grande parte das bibliografias mostram Chernicharo (1997) como principal autor brasileiro quando o assunto é filtros anaeróbios.

Para função de padronização do método de cálculo da wetland, o mesmo foi espelhado nas bibliografias de Metcalf; Eddy e Tchobanoglous (1991) e (2003), Kadlec; Wallace (2009), Weber (2015) e Benassi (2018).

Na equação 06 foram feitas algumas modificações em determinados coeficientes que podem não ser aplicados à realidade brasileira. Na bibliografia de Kadlec & Wallace – Treatment Wetlands de 2009, a equação 06 é utilizada para determinar os saldos globais da massa de água. No presente trabalho, a mesma foi transformada em uma equação para determinação da vazão de entrada e saída.

Na mesma equação 06 foram retirados os coeficientes de infiltração para os lençóis

freáticos; visto que estamos trabalhando com bancas feitas de concreto não poroso; e o coeficiente de degelo; pois no Brasil a ocorrência de neve ou congelamento é esporádica e com pouca previsibilidade (FUENTES, 2009).

A quantidade e o tempo do afluente a ser tratado é um importante item no design de uma wetland construída. Essas informações devem incluir a possível sazonalidade dos fluxos e a progressão antecipada dos mesmos ao longo da vida útil do projeto. É de costume planejar uma expectativa de vida de 20 anos para estações de tratamento de águas residuais convencionais, porque o equipamento mecânico geralmente se desgasta durante esse período. Mas as wetlands podem continuar a funcionar por períodos muito mais longos do que duas décadas (KADLEC; WALLACE, 2008).

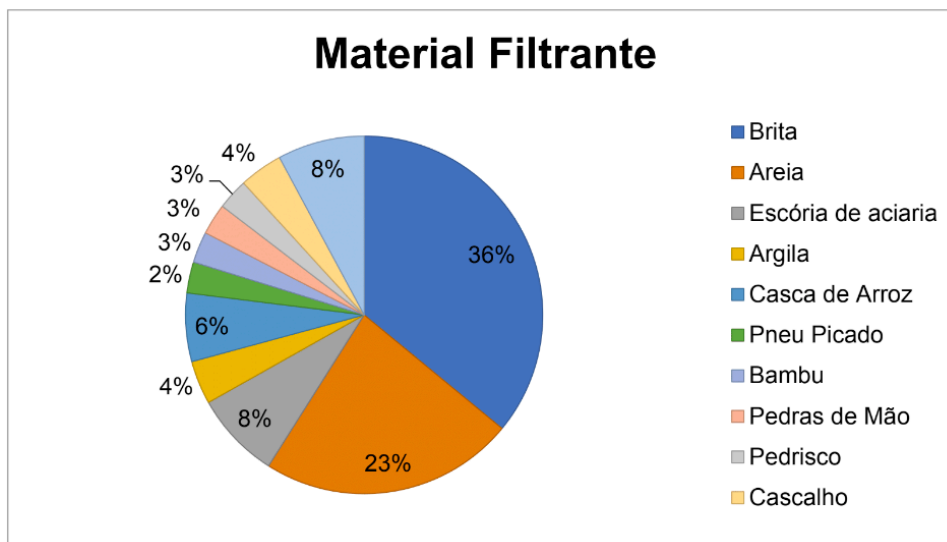
Segundo Von Sperling (1997), devemos considerar também a degradação dos materiais postos na construção dos filtros, visto que estamos trabalhando com subprodutos altamente agressivos. Desta forma, os materiais empregados devem atender ao requisito básico de resistir à corrosão.

A velocidade do fluido dentro da wetland tem relação direta com o tempo de detenção da mesma. De acordo com Metcalf & Eddy e Tchobanoglous (1991), a velocidade do fluxo do afluente não deve ultrapassar 6,8m/dia, devido a tentativa de minimização da distribuição localizada de biofilmes.

O tempo de detenção hidráulica significa o tempo que o esgoto permanece dentro do sistema de tratamento. Sendo assim, o TDH é um parâmetro que tem influência direta na eficiência do sistema. No entanto, é recomendável testar diferentes TDH no sistema, de acordo com cada poluente e o seu foco de remoção (BENASSI *et al.*, 2018).

A escolha do material poroso na wetland construída deve evitar o acontecimento da colmatação, fazendo a distribuição uniforme no sistema, assim impossibilitando a formação de caminhos preferenciais, gerando uma espécie de gradeamento e contenção adequadas (DOTRO *et al.*, 2017; SCHIMIDT, 2018).

A Figura 8 mostra uma pesquisa feita por Sezerino *et al.* (2015), onde são agrupados quais os tipos de materiais filtrantes mais empregados em wetlands construídas.



Fonte: Adaptado de Sezerino et al., 2015

Os subprodutos gerados pela estação de tratamento das *wetlands* são o lodo, a espuma, odores, gases e o efluente resultante. A gestão do uso de lodo proveniente de estações de tratamento de esgoto poderá ser totalmente destinada para uso agrícola, onde as propriedades químicas e biológicas do lodo têm função de adubamento para cultivos em geral (BITTENCOURT; AISSE; SERRAT, 2017; BASTOS *et al.*, 2007).

Segundo a resolução do CONAMA 375 (BRASIL, 2006), a espuma não pode ser utilizada como adubo junto com o lodo. Ela depende do tipo de composição bruta do esgoto, dado que estamos falando de esgotos domésticos e comerciais, tratamos de detritos como cabelo, cotonetes, papel higiênico, plásticos, óleos e graxas (O&G) (LOBATO *et al.*, 2018). No entanto, em um experimento feito por Ross (2015), é relatado que o lodo e a espuma podem ser gerenciados de forma conjunta, visto que os dois possuem substratos semelhantes.

O biogás resultante do reator é um composto gasoso constituído, em média, por 59% de gás metano (CH₄), 40% de gás carbônico (CO₂) e 1% de gases-traço, dentre eles o gás sulfídrico (H₂S). Resultado da degradação anaeróbica, o biogás é considerado um recurso renovável, porque faz parte do ciclo biogeoquímico do carbono (BLEY JR., 2015).

O biogás gerado apresenta inúmeras possibilidades para seu uso (LIMA; PASSAMANI, 2012). No estudo em específico, o subproduto poderá ser convertido em energia elétrica, assim possibilitando a iluminação da praça em que o sistema foi implantado.

Os gases odorantes emitidos por ETEs são, tradicionalmente, um aspecto ambiental e social negativo, que desenvolve uma cultura de repúdio quando tratamos de empreendimentos do setor de saneamento em áreas urbanas (BRANDT; SOUZA; CHERNICHARO, 2017).

As considerações a serem feitas para a implantação do projeto, na tentativa de minimizar os gases odorantes são:

- Optar por entradas submersas em vez de quedas hidráulicas (BRANDT; SOUZA; CHERNICHARO, 2017);
- Prevenir a disposição de sólidos e do estabelecimento de zonas com gradientes de velocidade baixos ou nulos (METCALF & EDDY & TCHOBANOGLOUS, 1991; USEPA, 1985);
- Adição de oxidantes fortes, como o KMnO_4 (permanganato de potássio) ou NaMnO_4 (permanganato de sódio), pois estes reagem preferencialmente com os sulfetos (WERF, 2007) e;
- Realizar a exaustão e o insulflamento dos gases restantes dentro da área visível (WERF, 2007).

O efluente resultante deste modelo de tratamento deverá passar por uma caixa de inspeção do controle de nível de vazão e após, a água poderá ser dissipada por meio de infiltração, assim possibilitando o retorno da mesma para sua bacia de origem.

O sumidouro deve atender ao documento emitido pela FUNASA do ano de 2013: “Especificações técnicas para a construção de melhorias sanitárias domiciliares”. Onde é orientado quais os melhores materiais de construção, método construtivo e a manutenção do sumidouro. Devemos nos atentar também à NBR ABNT 13.969/1997, a qual especifica as utilizações dos sumidouros.

A resolução do CONAMA 430 (BRASIL, 2011) esplanava sobre as concentrações padrões para lançamento de efluentes. Então antes de fazer o lançamento do efluente para galerias subterrâneas, o mesmo deve estar de acordo.

5 | CONCLUSÕES

É notável que a aplicação de wetlands construídas em meio a centros urbanos possui grande potencial, mas necessitamos de políticas públicas e privadas para que isto deixe de ser apenas uma pesquisa e torne-se um projeto piloto financiado por empresas do ramo e pelas empresas responsáveis pelo saneamento urbano.

Podemos concluir que as pesquisas sobre wetlands construídas, no Brasil, ainda são escassas. Possuímos a comprovação da eficiência de tratamento dos afluentes, mas em cada uma das pesquisas os métodos são diferentes.

As leis e resoluções do CONAMA relacionadas às taxas permitidas de emissão de poluentes em corpos hídricos devem ser revistas, pois já estão defasadas tanto em tempo de publicação (última resolução foi disposta em 2011) quanto nas concentrações permitidas, visto que os padrões permitidos no Brasil são extremamente mais altos do que os permitidos na Europa. Atualmente, os potenciais poluidores dos corpos hídricos estão relacionados à agricultura e aos efluentes teoricamente tratados que em muitos dos casos são extremamente danosos à saúde.

O método de cálculo presente neste artigo se mostra compatível com a realidade

brasileira, mas para comprovação efetiva deste necessitamos de trabalhos futuros que realizem este método em escala piloto.

Existem documentos e bibliografias com o consenso de pesquisadores da área, porém, necessitamos de uma padronização de um método de cálculo e de um método construtivo para cada tipo de afluente a ser tratado. Aprofundando pesquisas com diferentes tipos de macrófitas, tempo de detenção, materiais filtrantes e outros aspectos do projeto.

REFERÊNCIAS

ANJOS JUNIOR, Ary Haro dos. **Gestão Estratégica do Saneamento**. Barueri: Manole, 2011. (Sustentabilidade).

ARCHELA, Edison et al. Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos. **Geografia**, Londrina, v. 12, p.517-526, jun. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.208: Projeto de Estações Elevatórias de Esgoto Sanitário**. São Paulo. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.209: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário**. São Paulo. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7.229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. São Paulo. 1993.

BASTOS, Rafael K.x.; ASSUNÇÃO, Fernando A. L.; ROSA, André Pereira; HENRIQUE, César Sperchi; SOUZA, Antônio Carlos de. **GERENCIAMENTO DO LODO EM UM SISTEMA UASB + BF. Iv-bastos-brasil-2**. Viçosa, p. 311-321. abr. 2007.

BENASSI, Roseli Fredering. Universidade Federal do Abc (Org.). **Manual de Sistemas de Wetlands Construídas Para o Tratamento de Esgotos Sanitários**. Santo André, 2018. 55 p.

BITTENCOURT, Simone; AISSE, Miguel Mansur; SERRAT, Beatriz Monte. **Gestão do uso agrícola do lodo de esgoto: estudo de caso do estado do Paraná, Brasil**. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [s.l.], v. 22, n. 6, p.1129-1139, dez. 2017. FapUNIFESP (SciELO).

BLEY JR., C. Biogás- A energia invisível. 2ª ed. **Revista e Ampliada**. São Paulo: CIBiogás: Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 2015.

BRANDT, Emanuel Manfred Freire; SOUZA, Cláudio Leite; CHERNICHARO, Carlos Augusto Lemos. **Alternativas para o controle de odores e corrosão em sistemas de coleta e tratamento de esgoto**. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [s.l.], v. 22, n. 4, p.611-623, ago. 2017. FapUNIFESP (SciELO).

BRASIL, **Resolução CONAMA nº375**, de 29 de Agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Publicado no D.O.U. 30 de Agosto de 2006.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº430**, de 13 de Maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Publicado no D.O.U. 16 de Maio de 2011.

BRASIL. Izabella Teixeira. Ministério do Meio Ambiente. **Relatório de Gestão e de Resultados: 2010 - 2016**. Brasília, 2016. 236 p.

BURIAN, Steven J. et al. Urban Wastewater Management in the United States: Past, Present and Future. **Journal Of Urban Technology**. London, p. 33-62. dez. 2000.

CESAN - COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE SANEAMENTO, 2013, Vitória. **Apostila Tratamento de Esgoto**. Vitória: Cesan, 2013. 15 p.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. **Reatores Anaeróbios**. Minas Gerais: Segrac, 1997. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias).

COOPER P. F., JOB G. D., GREEN B., SHUTES R. B. E. **Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment**. Wrc publications. 184pp. Swindon, United Kingdom, 1996.

CUNHA, Diego de Oliveira da; MERLIM, Rodolpho Lopes; SEVERIANO JUNIOR, Ely. O Uso do Tratamento de Esgoto Sustentável: O Estado da Arte das Wetlands. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, Porto Velho, v. 10, n. 2, p.143-163, 30 set. 2018. Revista de Administração e Negócios da Amazônia.

DOTRO, Gabriela; LANGERGRABER, Günter; MOLLE, Pascal; NIVALA, Jaime; PUIGAGUT, Jaume; STEIN, Otto; VON SPERLING, Marcos. **Treatment Wetlands**. *Water Intelligence Online*, [s.l.], v. 16, 2017. IWA Publishing.

ENEAS SALATI (Brasil). Fundação Brasileira Para O Desenvolvimento Sustentável. **Controle de Qualidade de Água Através de Sistemas de Wetlands Construídos**. Rio de Janeiro, 2006. 19 p.

ENEAS SALATI (São Paulo). Instituto Terramax - Consultoria e Projetos Ambientais Ltda. **Utilização de Sistemas de Wetlands Construídas Para Tratamento de Águas**. Piracicaba, 2009. 23 p.

FEIJÓ, Catarina Schmitz. **A UTILIZAÇÃO DE WETLANDS NO PAISAGISMO E DESENHO URBANO: PARQUE NA FRANÇA CONTRIBUI PARA A DESPOLUIÇÃO DO RIO SENA**. *Ecotelhado*, São Paulo, v. 1, n. 1, p.1-6, ago. 2016.

FUENTES, Márcia Vetromilla. **Dinâmica e Padrões da Precipitação de Neve no Sul do Brasil**. 2009. 193 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

FUNASA - Fundação Nacional da Saúde. Ministério da Saúde. **Manual de Saneamento: Orientações Técnicas**. Brasília: Brasil, 2004. 408 p.

GEHLING, Gino. DEPARTAMENTO DE OBRAS HIDRÁULICAS, 2017, Rio Grande do Sul. **Lodos Ativados**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 2017. 27 p.

GODINHO, Marina Soares; GUEDES, Juliana da Silva e Mascarenhas. **WETLANDS CONSTRUIDOS: ESTUDO DE CASO Parc du Chemin de l'île E APLICABILIDADE EM MUNICÍPIOS BRASILEIROS SOB A PERSPECTIVA DA ECOLOGIA E ECONOMIA**. In: IX SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 9., 2017, Belo Horizonte. **RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO**. Belo Horizonte: Sbea, 2017. p. 1 - 10.

GOMES, Bianca Graziella Lento Araujo. **Tratamento de Esgoto de Pequena Comunidade Utilizando Tanque Séptico, Filtro Anaeróbio e Filtro de Areia**. 2015. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

KADLEC, Robert H.; WALLACE, Scott D. **Treatment Wetlands**. 2. ed. Boca Raton: Crc Press, 2009.

LIMA, Ana Carolina Guedes; PASSAMANI, Fernanda Caliman. **AVALIAÇÃO DOPOTENCIAL ENERGÉTICO DO BIOGÁS PRODUZIDO NO REATOR UASB DA ETE-UFES**. 2012. 106 f. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

LOBATO, Livia Cristina da Silva; RIBEIRO, Thiago Bressani; SILVA, Bruno Sidnei da; FLÓREZ, Carlos Andrés Días; NEVES, Priscilla Natalie Pereira; CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. **Contribuição para o aprimoramento de projeto, construção e operação de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgoto sanitário - Parte 3: Gerenciamento de lodo e espuma**. *Revista Dae*, [s.l.], v. 66, n. 214, p.30-55, 2018. Revista DAE.

MACNABB, C. D. The potential of submerged vascular plants for reclamation of wastewater. **Biological Control of Water Pollution**. J. Tourbier and R. W. Pearson, Eds. The University Press, Philadelphia, 1976, 120p.

MASSOUND, M. A.; TARHINI, A.; NARS, J. A. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. **Ensevier: Journal of Environmental management**. v.90, p.652- 659, 2009.

MATTOSO, Fernando Dell'agnolo B.. **Estudo de eficiência de Wetland no córrego Pirajussara**. 2014. 55 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

METCALF & EDDY & TCHOBANOGLIOUS **Wastewater engineering. Treatment, disposal, and reuse**. 3 Ed. Singapore: McGraw-Hill, Inc. International Edition, 1991. 1334p.

METCALF, L.; EDDY, H. **Wastewater engineering: Treatment and reuse**. 4. ed. Revised by George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel. McGrawHill, New York, 2003, 1819p.

NUCASE – Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental **Esgotamento Sanitário: Processos de Tratamento de Esgoto**. Brasília: ReCESA, 2008. 72 p.

OLIVEIRA, JL. Tratamento descentralizado de águas residuárias domésticas: uma estratégia de inclusão social. **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa**. Campina Grande: EDUEPB, p.213-232, 2013.

PAOLI, André Cordeiro de. **Análise de Desempenho e Comportamento de Wetlands Horizontais de Fluxo Subsuperficial Baseado em Modelos Hidráulicos e Cinéticos**. 2010. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

PARASKEVAS, P.A., GIOKAS, D.L., LEKKAS, T.D., Wastewater management in coastal urban areas: the case of Greece. **Water Science and Technology**, v.46, n.8, p. 177–186, 2002.

PATIL, Yashashri et al. Design of Sewage Treatment Plant Units For St. John College Campus. **International Journal Of Scientific Research Engineering & Technology**, Palghar, p.177-181, mar. 2018.

PHILIPPI JUNIOR, Arlindo (Ed.). **Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamento para um desenvolvimento sustentável**. Barueri: Manole, 2005. (Coleção Ambiental).

RIBEIRO, Luiz Gustavo Gonçalves; ROLIM, Neide Duarte. Planeta água de quem e para quem: uma análise da água doce como direito fundamental e sua valoração mercadológica. **Direito Ambiental e Sociedade**, Caxias do Sul, p.7-33, jan/jul. 2017.

ROSS, Bárbara Zanicotti Leite. **ESCUMA DE REATORES ANAERÓBIOS TRATANDO ESGOTOS DOMÉSTICOS EM ESCALA REAL: PRODUÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E PROPOSIÇÃO DE PARÂMETROS PARA SEU GERENCIAMENTO**. 2015. 163 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SANTOS, Daniel Costa dos. **Saneamento Para Gestão Integrada das Águas Urbanas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

SCHMIDT, Augusto Frederico Junqueira. **Avaliação de Comportamento Hidrodinâmico em Wetland Horizontal de Fluxo Subsuperficial**. 2018. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

SEZERINO, Pablo Heleno et al. Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p.151-158, mar. 2015.

SEZERINO, Paulo Heleno et al. **Wetlands Construídos Aplicados no Tratamento de Esgoto Sanitário: Recomendações para implantação e boas práticas de operação e manutenção**. Tubarão: Ministério da Saúde, 2018. 56 p.

SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE WETLANDS CONSTRUIDOS, 2., 2015, Curitiba. **Dimensionamento de Wetlands Construídas em Sistemas Individuais de Tratamento de Esgoto Sanitário**. Curitiba: Wetlands Brasil, 2015. 9 p.

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Ministério do Desenvolvimento Regional. Brasília. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017**. Brasília: Brasil, 2017. 226 p.

SOUZA, Michelle Matos de; SANTOS, Ana Silvia Pereira. Água potável, água residuária e saneamento no Brasil e na Holanda no âmbito do Programa de Visitação Holandês - DVP: Dutch Visitors Programme. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p.387-395, jun. 2016.

THAME, Antônio Carlos Mendes. Fundamentos e antecedentes. In: THAME, A. C. M. (Org.). **A cobrança pelo uso da água**. São Paulo: Igual, 2000. p.11-16.

TREIN, Camila Maria; PELISSARI, Catiane; HOFFMANN, Heike; PLATZER, Christoph Julio; SEZERINO, Pablo Heleno. Tratamento descentralizado de esgotos de empreendimentos comercial e residencial empregando a ecotecnologia dos wetlands construídos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 351-367, out/dez. 2015.

USEPA – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. (1985) **Design manual: odor and corrosion control in sanitary sewerage systems and treatment plants**. Washington, D.C.: Center for Environmental Research Information. 132p.

USEPA. United States environmental protection agency. **Handbook for Managing Onsite and Clustered (Decentralized) wastewater treatment systems. An introduction to management tools and information for implementing EPA's Management guidelines**. 2005. USEPA: EPA.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução À Qualidade Das Águas e Ao Tratamento de Esgotos**. 2. ed. Minas Gerais: Segrac, 1996. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias).

VON SPERLING, Marcos; SEZERINO, Pablo H.. **Dimensionamento de Wetlands Construídos no Brasil**: Documento de Consenso Entre Pesquisadores e Praticantes. Florianópolis: Wetlands Brasil, 2018. (Grupo de Estudos em Sistemas Wetlands Construídos Aplicados ao Tratamento de Águas Residuárias).

WEBER, Conrado Folle. **Proposta de Dimensionamento e Implantação de Wetland Construído em Sistema Individual de Tratamento de Esgoto Sanitário**. 2015. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Processos Ambientais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

WERF – Water Environment and Reuse Foundation. (2007) **Minimization of odors and corrosion in collection systems (phase 1)**. Report 04-CTS-1. Alexandria: Water Environment Research Foundation. 232.

WINBLAD, Uno; SIMPSON-HÉBERT, Mayling. **Ecological Sanitation**: Revised and Enlarged Edition. 2. ed. Stockholm: Stockholm Environment Institute, 2004.

YAMAMOTO, Celia Regina Gapski; CANALI, Naldy Emerson. Importância das wetlands para a qualidade das águas na região metropolitana de Curitiba - PR. **Geografar**, Curitiba, v. 7, n. 1, p.161-189, jun. 2012.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agropecuária 153, 157, 164

Água Residuária 104, 107, 125

Águas Pluviais 8, 64, 65, 68, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 87, 92, 94, 98

Alimentação Saudável 1, 9, 11

Ambiente Escolar 3, 10

Artesanato 21, 27, 29, 30, 33

Assoreamentos 78, 79, 89

B

Bacia Sedimentar 78, 81, 89

BDQueimadas 47, 48, 50, 51

Biodegradação Anaeróbia 142

Bioengenharia 64

C

Chorume 160

Conservação da Biodiversidade 35, 37, 38, 39, 45, 46

Controle de Inundação 91

Cores da Terra 21, 26

Cultura Alimentar 3

Curso Técnico em Meio Ambiente 33

D

Déficit de Energia e Gás 153

Déficit de Saneamento 104, 109

Descarte Correto de Resíduos 13

Drenagem Urbana 76, 91, 102

E

Efluente Industrial 126, 137

Erosão de Solo 56

Escoamento das Águas Pluviais 77, 78, 80

Estações de Tratamento de Esgoto 120, 122, 148

Estudo Geológico 78

Estudo Hidrológico 92, 93, 95, 97, 99

F

Futuras Gerações 14

G

Gases do Efeito Estufa 141

Geoprocessamento 35, 41, 54, 55

I

Impactos Socioambientais 27, 29

Impermeabilização 65, 72, 78, 79, 81, 89, 90, 91, 92, 93, 100, 102

Incêndios Florestais 47, 48, 51, 54

J

Jardins Suspensos da Babilônia 68

L

Levantamento Topográfico 94

M

Matéria Orgânica 59, 105, 109, 118, 128, 133, 137, 139, 140, 141, 143, 144, 161, 163

Modelo de Streeter-Phelps 128, 134

N

Nutrientes 8, 23, 48, 57, 58, 72, 105, 106, 109, 131, 148

O

Oficinas de Empreendedorismo 27, 30

Oxigênio Dissolvido 126, 128, 130, 133, 134, 138, 139

P

Parâmetros Físicos 56, 62

Percepção Ambiental 13, 15

Política Pública 31, 35, 36, 37, 42, 43

Público Infantil 13

Q

Qualidade de Vida 5, 15, 25, 43, 68, 141

Questões Culturais 159

R

Recuperação Sustentável 56, 58

Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 