



Helenton Carlos Da Silva
(Organizador)

Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 3

Atena
Editora

Ano 2020



Helenton Carlos Da Silva
(Organizador)

Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 3

Atena
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os 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. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
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. 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. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
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 Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
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
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. 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. 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
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
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

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

D371 Demandas essenciais para o avanço da engenharia sanitária e ambiental 3 [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-948-6

DOI 10.22533/at.ed.486202101

1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária. I. Silva, Helenton Carlos da.

CDD 628.362

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu II volume, apresenta, em seus 25 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia sanitária e ambiental, tendo como base suas demandas essenciais interfaces ao avanço do conhecimento.

Os serviços inerentes ao saneamento são essenciais para a promoção da saúde pública, desta forma, a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas constitui fator de prevenção de doenças, onde a água em quantidade insuficiente ou qualidade imprópria para consumo humano poderá ser causadora de doenças; observa-se ainda o mesmo quanto à inexistência e pouca efetividade dos serviços de esgotamento sanitário, limpeza pública e manejo de resíduos sólidos e de drenagem urbana.

Destaca-se ainda que entre os muitos usuários da água, há um setor que apresenta a maior interação e interface com o de recursos hídricos, sendo ele o setor de saneamento.

O plano de saneamento básico é o instrumento indispensável da política pública de saneamento e obrigatório para a contratação ou concessão desses serviços. A política e o plano devem ser elaborados pelos municípios individualmente ou organizados em consórcio, e essa responsabilidade não pode ser delegada. O Plano deve expressar o compromisso coletivo da sociedade em relação à forma de construir o saneamento. Deve partir da análise da realidade e traçar os objetivos e estratégias para transformá-la positivamente e, assim, definir como cada segmento irá se comportar para atingir as metas traçadas.

Dentro deste contexto podemos destacar que o saneamento básico é envolto de muita complexidade, na área da engenharia sanitária e ambiental, pois muitas vezes é visto a partir dos seus fins, e não exclusivamente dos meios necessários para atingir os objetivos almejados.

Neste contexto, abrem-se diversas opções que necessitam de abordagens disciplinares, abrangendo um importante conjunto de áreas de conhecimento, desde as ciências humanas até as ciências da saúde, obviamente transitando pelas tecnologias e pelas ciências sociais aplicadas. Se o objeto saneamento básico encontra-se na interseção entre o ambiente, o ser humano e as técnicas podem ser facilmente traçados distintos percursos multidisciplinares, potencialmente enriquecedores para a sua compreensão.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados a estas diversas demandas essenciais do conhecimento da engenharia sanitária e ambiental. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do

conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
COMPOSTAGEM E HORTA ORGÂNICA NA FACULDADE FARIAS BRITO COMO INSTRUMENTO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL	
Cristiano Dantas Araújo Fausto Sales Correa Filho Flávio André de Melo Lima Francisco José Freire de Araújo Pedro Vitor de Oliveira Carneiro Sílvio Carlos Costa de Andrade	
DOI 10.22533/at.ed.4862021011	
CAPÍTULO 2	8
ATERRO SANITÁRIO DA CIDADE DE ITAMBÉ – PR: APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERROS SANITÁRIOS	
Cláudia Telles Benatti Luiz Roberto Taboni Junior Igor José Botelho Valques	
DOI 10.22533/at.ed.4862021012	
CAPÍTULO 3	20
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO USO DE RESÍDUO DE BORRACHA DE PNEU, COM TRATAMENTO SUPERFICIAL, EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO	
Jhonatan Smitt Picoli Rafael Verissimo Diana Janice Padilha	
DOI 10.22533/at.ed.4862021013	
CAPÍTULO 4	33
AVALIAÇÃO DO LOCAL DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE GOIANÉSIA-PA COM BASE NO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS (IQR)	
Marta Lima Lacerda Adriane Franco da Silva Ágatha Marques Farias Davi Edson Sales e Souza Deyvson Pereira Azevedo Quetulem de Oliveira Alves Tiele Costa Santos	
DOI 10.22533/at.ed.4862021014	
CAPÍTULO 5	46
AVALIAÇÃO DOS CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS PARA A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS ARRANJOS TERRITORIAIS ÓTIMOS EM MINAS GERAIS	
Luciana Alves Rodrigues Macedo Liséte Celina Lange	
DOI 10.22533/at.ed.4862021015	

CAPÍTULO 6 54

DESCARGA SÓLIDA EM PARQUE URBANO: ESTUDO DE CASO DO PARQUE DAS NAÇÕES INDÍGENAS EM CAMPO GRANDE/MS

Bruno Sezerino Diniz
Daniel de Lima Souza
Monica Siqueira Ortiz Dias
Marjuli Morishigue
Thais Rodrigues Marques
Yago de Oliveira Martins
Guilherme Henrique Cavazzana

DOI 10.22533/at.ed.4862021016

CAPÍTULO 7 62

DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇO DE SAÚDE EM UM HOSPITAL VETERINÁRIO UNIVERSITÁRIO

Rafael Verissimo
Diana Janice Padilha
Daniel Verissimo
Jhonatan Smitt Picoli

DOI 10.22533/at.ed.4862021017

CAPÍTULO 8 75

DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO CONE SUL DE RONDÔNIA: UM RETRATO DA SITUAÇÃO RECORRENTE NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

Daniely Batista Alves Martines
Jaqueline Aida Ferrete

DOI 10.22533/at.ed.4862021018

CAPÍTULO 9 89

ESTUDO DE ROTAS TECNOLÓGICAS DE TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA/PB

Cristine Helena Limeira Pimentel
Claudia Coutinho Nóbrega
Ubiratan Henrique Oliveira Pimentel
Wanessa Alves Martins

DOI 10.22533/at.ed.4862021019

CAPÍTULO 10 103

GEOPROCESSAMENTO NO PLANEJAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: UMA FERRAMENTA PARA AUXÍLIO NA TOMADA DE DECISÃO

Fabíola Esquerdo de Souza
Solange dos Santos Costa
Kemislani de Souza Lima

DOI 10.22533/at.ed.48620210110

CAPÍTULO 11 118

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE ATIVIDADES DE TRANSPORTE: ESTUDO DE CASO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DOS PORTOS ADMINISTRADOS PELA COMPANHIA DOCAS DO PARÁ

Cristiane da Costa Gonçalves de Andrade
Paula Danielly Belmont Coelho

Ana Caroline David Ramos
Arthur Julio Arrais Barros
Natã Lobato da Costa

DOI 10.22533/at.ed.48620210111

CAPÍTULO 12 126

PLANO MUNICIPAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
MARECHAL THAUMATURGO - AC: ANSEIOS E EXPECTATIVAS ATRAVÉS DA
MOBILIZAÇÃO SOCIAL

Julio Cesar Pinho Mattos
Rodrigo Junior de Sousa Pereira
Gleison Aguiar da Silva
Fernanda Kerolayne

DOI 10.22533/at.ed.48620210112

CAPÍTULO 13 133

PROPOSTA DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS LENHOSOS DA REGIÃO
METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE

Natália Fagundes Mascarello
Renata Farias de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.48620210113

CAPÍTULO 14 144

REAPROVEITAMENTO E DESTINO FINAL DO RESÍDUO COMPUTACIONAL
GERADO POR EMPRESAS DE MANUTENÇÃO E SUPORTE EM INFORMÁTICA
NA CIDADE DE ASSÚ/RN

Ana Raira Gonçalves da Silva
Jéssica Cavalcante Montenegro
José Américo de Lira Silva

DOI 10.22533/at.ed.48620210114

CAPÍTULO 15 153

RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO - UM ESTUDO
DE VIABILIDADE NA REGIÃO DE SUAPE/PERNAMBUCO

Fernando Periard Gurgel do Amaral
Raquel Lima Oliveira
Juliana Jardim Colares
Marina França Guimarães Marques
Guilherme Bretz Lopes

DOI 10.22533/at.ed.48620210115

CAPÍTULO 16 163

RESÍDUOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO: ESTUDO DE
VIABILIDADE PARA USO NA PAVIMENTAÇÃO NO MUNICÍPIO DE VILA VELHA/ES

Diego Klein
Daiane Martins de Oliveira
Tamara Lopes Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.48620210116

CAPÍTULO 17 174

RESÍDUOS SÓLIDOS DE CURTUME: REAPROVEITAMENTO PARA COMPOSTAGEM EM UMA INDÚSTRIA NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Aline Souza Sardinha
Ana Paula Santana Pereira
Mayara Aires do Espirito Santo
Suziane Nascimento Santos
Carlos José Capela Bispo
Antônio Pereira Júnior
Vinicius Salvador Soares
Jeferson Martins Leite
Mateus do Carmo Rocha
Hyago Elias Nascimento Souza

DOI 10.22533/at.ed.48620210117

CAPÍTULO 18 186

TECNOLOGIAS PARA O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Sara Rachel Orsi Moretto
João Carlos Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.48620210118

CAPÍTULO 19 206

USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM NO MUNICÍPIO DE MONTANHA-ES: UM ESTUDO SOBRE A PERCEPÇÃO DOS TRABALHADORES

Tamires Lima da Silva
Talita Aparecida Pletsch
Jane Mary Schultz
Gilmara da Silva Santos Nass
Talwany Cezar

DOI 10.22533/at.ed.48620210119

CAPÍTULO 20 215

COMPOSTAGEM COMO FERREMENTA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL: UMA IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO SOBRE UMA ESCOLA PÚBLICA EM MARABÁ-PA

Aline Souza Sardinha
Vinicius Salvador Soares
Jeferson Martins Leite
Antônio Pereira Júnior
Suziane Nascimento Santos
Carlos José Capela Bispo
Ana Paula Santana Pereira
Mayara Aires do Espirito Santo
Mateus do Carmo Rocha
Hyago Elias Nascimento Souza

DOI 10.22533/at.ed.48620210120

CAPÍTULO 21 226

CLASSIFICAÇÃO DO USO E DA COBERTURA DO SOLO UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO NO MUNICÍPIO DE BARCARENA (PA), BRASIL, NO PERÍODO DE 2008 A 2012

Rebeca Emmanuela de Azevedo Duarte

Letícia Karine Ferreira Vilhena

Daniele Miranda Pereira

DOI 10.22533/at.ed.48620210121

CAPÍTULO 22 237

INFLUÊNCIA DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS NAS DOENÇAS RESPIRATÓRIAS EM CENTROS URBANOS

David Silveira Monteiro

Raquel Lima Oliveira

Fernando Periard Gurgel do Amaral

DOI 10.22533/at.ed.48620210122

CAPÍTULO 23 249

PROPOSTA DE MELHORIA AMBIENTAL PARA UMA FÁBRICA DE GOIABADA

Renato Carvalho Menezes

Márcio Azevedo Rocha

Tadeu Patêlo Barbosa

Áurea Luiza Quixabeira Rosa e Silva Rapôso

Sheyla Karolína Justino Marques

DOI 10.22533/at.ed.48620210123

CAPÍTULO 24 261

REDUÇÃO DO RESIDUAL DE ALUMÍNIO DISSOLVIDO EM ÁGUA DE POÇO PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO

Márcia Cristina Martins Campos Cardoso

Lorena Olinda Degasperi Rocha

DOI 10.22533/at.ed.48620210124

CAPÍTULO 25 274

VULNERABILIDADE A PERDA DE SOLO DA BACIA DO RIO URUPÁ, RONDÔNIA, AMAZÔNIA OCIDENTAL

José Torrente da Rocha

Mayame Martins Costa

Giovanna Maria Cavalcante Martins

Andressa Vaz Oliveira

Marcos Leandro Alves Nunes

DOI 10.22533/at.ed.48620210125

SOBRE O ORGANIZADOR..... 284

ÍNDICE REMISSIVO 285

RESÍDUOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO: ESTUDO DE VIABILIDADE PARA USO NA PAVIMENTAÇÃO NO MUNICÍPIO DE VILA VELHA/ES

Data de aceite: 06/01/2020

Diego Klein

Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Novo Milênio, Vila Velha/ES.

E-mail: diegoklein_@hotmail.com.

Daiane Martins de Oliveira

Graduanda em Engenharia Civil pela Faculdade Novo Milênio, Vila Velha/ES.

Tamara Lopes Teixeira

Arquiteta e Urbanista, mestra pela Universidade Federal do Espírito Santo, professora no departamento de Engenharia Civil da Faculdade Novo Milênio, Vila Velha/ES.

RESUMO: A quantidade de resíduos gerados no processo de tratamento de água e esgoto é expressiva e seu descarte de maneira incorreta pode provocar severos danos ambientais. O estudo teve por objetivo analisar a viabilidade do uso do lodo proveniente de Estação de Tratamento de Água (ETA) e Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), no município de Vila Velha/ES, para pavimentação de vias. Com base em coleta de dados, visitas técnicas e comunicação junto a Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) e a Prefeitura Municipal de Vila Velha (PMVV), a pesquisa de cunho exploratório, organizou-se em quatro etapas distintas: análise bibliográfica de

artigos e documentos, estudo das propriedades do lodo, contato com a CESAN e a PMVV, e por último, a busca de informações *in loco* nas empresas produtoras de asfalto. Os resultados revelam que o uso do lodo, como produto para sub-base de pavimentos asfálticos, mostrou-se eficaz, satisfatório e alternativo ao reduzir o descarte do material destinado a aterros.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso de biossólido, resíduos, estação de tratamento, pavimentação, lodo.

WASTE FROM WATER AND SEWAGE TREATMENT PLANT: FEASIBILITY STUDY FOR USE IN PAVEMENT IN THE CITY OF VILA VELHA/ES

ABSTRACT: The amount of waste generated in the water and sewage treatment process is significant and its incorrect disposal can cause severe environmental damage. The objective of this study was to analyze the viability of using sludge from Water Treatment Plant (ETA) and Sewage Treatment Plant (ETE), in Vila Velha/ES, for paving of roads. Based on data collection, technical visits and communication with the Espírito Santo Sanitation Company (CESAN) and the Vila Velha City Hall (PMVV), the exploratory research was organized in four distinct stages: bibliographical analysis of articles and documents, study of the properties

of the sludge, contact with CESAN and PMVV, and lastly, the search for information in loco in the asphalt producing companies. The results show that the use of sludge as a product for asphalt pavement subfloor proved to be effective, satisfactory and alternative in reducing the disposal of landfill material.

KEYWORDS: Biosolid reuse, waste, treatment plant, paving, sludge.

1 | INTRODUÇÃO

A qualidade de vida associa-se à eficiência de um sistema de saneamento básico. Com o crescimento urbano acelerado aumenta-se a produção de lodo gerado na Estação de Tratamento de Água (ETA) e Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Esse resíduo normalmente é descartado em aterros sanitários e, quando depositado incorretamente, pode ocasionar prejuízos ambientais e econômicos afetando toda a população.

Dados da Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) (2017) informam que cerca de 50% da população do município de Vila Velha/ES tem acesso à rede coletora de esgoto, porém, apenas 37% da população está conectada. São 215.041 habitantes em 18.184 ligações e 52.820 economias que dispõem de rede para efetuar a ligação. O esgoto coletado por essas 18.184 ligações alcança 141.815 habitantes. Tal fato revela a necessidade de políticas concretas para condicionar um tratamento correto dos resíduos sólidos gerados na cidade.

O lodo proveniente do processo de tratamento de água e esgoto apresenta características que o permite ser utilizado como material para a produção de asfalto, uma técnica de reuso a favor da qualidade e economia de gastos.

Esta pesquisa foi realizada para verificar a viabilidade da utilização do lodo como insumo para asfalto e indicar a melhor forma para ser aplicado na pavimentação no município de Vila Velha/ES, haja vista que a ausência de calçamento em todas as vias da cidade, especialmente nos bairros de periferia. Os contratos de concessão do sistema de tratamento de água e esgoto neste município são delegados à CESAN. As ETAs Vale Esperança, Cobi e Caçaroca produzem em média 4.695 l.s^{-1} (litros por segundo) e a participação de cada sistema no abastecimento do município é de 76%, 9% e 15% respectivamente, segundo dados da Prefeitura Municipal de Vila Velha/ES (2014).

Quanto ao Sistema de Esgotamento Sanitário, as ETEs que atendem o município analisado trabalham com tratamentos de diversos tipos: lodos ativados, oxidação biológica, aeração prolongada, reator anaeróbico de fluxo ascendente, biofiltro aerado, lagoa facultativa, sistema fossa filtro, entre outros. Para a Prefeitura Municipal de Vila Velha/ES (2014), em todas as estações, a eficiência média ultrapassa a marca dos 70%, o que gera quantidade expressiva de lodo. De acordo

com Lima *et al.* (2011), a produção média de lodo nas ETEs da Região da Grande Vitória/ES é de 350 ton.mês⁻¹ (toneladas por mês). A expectativa é que esse número cresça ainda mais com a adesão da população à rede coletora de esgotos.

O lodo proveniente de ETA, de acordo com Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2004) na Norma Brasileira (NBR) 10004/2004, é classificado como resíduo sólido. Esse material, após receber tratamento adequado, chama-se “insumo”, podendo ser incorporado em revestimentos rodoviários. Para Coelho *et al.* (2015), esse mesmo resíduo, quando submetido à desidratação, torna-se passível de uso na fabricação de solo-cimento, especialmente na estabilização do solo ao melhorar suas características e propriedades.

Ainda de acordo com Coelho *et al.* (2015) é exigido deste material alternativo quando destinado à base e sub-base de pavimentos, que atenda características de suporte e expansibilidade, tendo em vista a durabilidade da malha rodoviária. Godoi (2013), por sua vez, esclarece que a pavimentação de vias aplicando os resíduos provenientes do tratamento de água e esgoto reduz os custos com o transporte do resíduo e incentiva sua aplicação, contrariando as alternativas convencionais de descarte de lodo em aterros, por exemplo, que segundo Lucena *et al.* (2016) apresentam fatores limitantes como a contaminação do solo e o alto custo.

Ainda que estudos realizados por Coelho *et al.* (2015)] tenham indicado que o emprego do lodo de ETA em pavimentos rodoviários resulta em menor resistência à penetração e maior expansão, o uso do lodo como agregado no processo produtivo do asfalto surge como alternativa e solução pertinente para resolver problemas de destino incorreto do material e contenção de gastos com aterros e transporte. Para tanto, Balbo (2007) define pavimento como uma estrutura não perene, formada por camadas sobrepostas de materiais diversos compactados para atender o tráfego, de maneira econômica e durável, suficientemente capaz de resistir às solicitações de compressão, cisalhamento e tração.

Fagnani *et al.* (2009) indicam que um Sistema de Gestão Ambiental melhora a imagem da empresa ao considerar a redução e/ou eliminação dos impactos negativos, mitigação os riscos ambientais, cumprimento da legislação ambiental aplicável reduzindo multas por poluição, controle da geração de resíduos e a facilidade de acesso a novos investimentos.

Para viabilizar a logística do processo produtivo de asfalto associado ao lodo, Godoi (2013) considera necessário diminuir o teor de umidade do biossólido, e conseqüentemente, seus custos com movimentação e transporte. Com a constante aplicação da coleta e tratamento de esgoto, Lima *et al.* (2011) afirmam a necessidade de utilização de tecnologias no tratamento de esgoto capaz de reciclar o maior volume de lodo possível.

Em cidades como Vila Velha/ES, onde a densidade demográfica é alta,

soluções sustentáveis tornaram-se cada vez mais necessárias. Existem projetos em andamento que estimam, dentro de alguns anos, tratar todo o efluente gerado no município através da ligação completa dos imóveis à rede. O resultado dessa ação essencial para assegurar a saúde humana será a melhoria na qualidade de vida e do ar, combate a mortandade dos peixes e preservação do meio ambiente, ocasionando assim a valorização do município e o desenvolvimento do turismo. A partir da conclusão do projeto, o nível de dejetos recolhido aumentará em proporções significativas sendo necessárias novas alternativas de descarte dos resíduos. No caso do asfalto, o lodo pode substituir alguns componentes não alterando a sua eficácia. Economicamente também é viável por reduzir os custos com a destinação final e como consequência permitir a comercialização de um produto jamais imaginado.

Considera-se que há pouca base teórica sobre o assunto, logo, o presente artigo contribui para maior disseminação do tema, aumentando a base de dados. Em relação à construção civil, a proposta surge como solução para redução da quantidade de lodo destinado a aterros, bem como, os riscos de contaminação do solo e do lençol freático, evitando assim, a desvalorização da área.

2 | OBJETIVO

Analisar a viabilidade do uso de resíduos de Estação de Tratamento de Água (ETA) e Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) no município de Vila Velha/ES para pavimentação de vias.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa verificou a viabilidade da aplicação de lodo gerado em estações de tratamento de água e esgoto na pavimentação do município de Vila Velha/ES, tendo em vista a existência de um projeto público-privado que ofertará a possibilidade de todas as residências do município estarem ligadas à rede coletora de esgoto.

Baseada na coleta de dados, visitas técnicas e comunicação junto à Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) e a Prefeitura Municipal de Vila Velha/ES (PMVV), a pesquisa, de cunho exploratório, organizou-se em quatro etapas distintas:

1ª ETAPA - Análise bibliográfica de artigos e documentos: na ocasião, os pesquisadores se reuniram e selecionaram diferentes artigos relacionados ao tema, entre os quais simulações laboratoriais de aplicação de lodo na pavimentação, conceitos e definições fundamentais para o reuso de biossólido, técnicas e inovações de reuso de recursos, logística envolvida em Unidades de Gerenciamento de Lodo (UGL), entre tantos outros;

2ª ETAPA - Estudo das propriedades do lodo: foram identificadas as propriedades

do biossólido e o processo pelo qual o mesmo é originado durante visitas realizadas nas ETA e ETE dos municípios de Cariacica/ES, Vila Velha/ES e Vitória/ES. O contato direto com as estações de tratamento presentes na Região Metropolitana da Grande Vitória/ES foi essencial para que os pesquisadores vislumbrassem a realidade ao qual está submetido o município analisado, a eficiência dos serviços ofertados em saneamento na região e a necessidade concreta de condução da pesquisa;

3ª ETAPA - Contato com a Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) e a Prefeitura Municipal de Vila Velha/ES (PMVV): realizado em suma pelas plataformas digitais, os pesquisadores entraram em contato com a Prefeitura Municipal de Vila Velha (PMVV) na busca por esclarecimentos sobre o projeto que tem por objetivo interligar todo o município à rede coletora da CESAN para tratamento posterior. Os dados fornecidos pela CESAN foram considerados durante toda a execução e sem eles haveria limitações para determinar a potencialidade ou não de desenvolver a técnica na região em questão;

4ª ETAPA - Busca de informações in loco nas empresas produtoras de asfalto: os benefícios fornecidos pelo biossólido permitiram que os pesquisadores encontrassem em sua aplicação junto ao asfalto uma forma eficaz de reaproveitamento. As informações *in loco* foram dificultadas, pois grande parte das empresas produtoras de asfalto não investe em busca por novas tecnologias e não acredita na potencialidade existente do produto gerado pelas estações. O contato foi posterior às visitas feitas às estações devido à medida adotada pelos pesquisadores em dar prioridade para o fornecimento de informações e esclarecimentos, caso houvesse, de usinas de asfalto que já estivessem em contato/serviços com uma das estações de tratamento.

A análise de estudos experimentais já realizados indicou parâmetros necessários para definir a eficácia do asfalto à base de lodo. Todos os dados essencialmente coletados *in loco* que dizem respeito ao processo de deposição e reuso do lodo das ETAs e da ETE foram adquiridos na ETA Caçaroca (Endereço: Estrada do Dique, 3952, Vila Velha/ES), ETE Mulembá (Endereço: Rua Miguel Arcânio, S/N, Joana D'arc, Vitória/ES) e na ETA Vale Esperança (Endereço: Avenida Perimetral, S/N, Boa Sorte, Vale da Esperança, Cariacica/ES). Não foram considerados os resíduos de outras estações administradas pela CESAN.

O principal benefício fornecido pela pesquisa é um maior conhecimento sobre o tema abordado, ao agregar outros saberes.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ausência de planejamento estratégico e gestão dos recursos naturais no município de Vila Velha/ES faz surgir um desafio eminente: dar destino correto aos resíduos gerados na cidade. Esse desafio é potencializado com políticas de restrição

ao licenciamento ambiental cada vez mais rigorosas e também pelos gastos exigidos com a logística na deposição de lodo de ETA e ETE em aterros sanitários.

Mesmo havendo dificuldade para determinar a quantidade de massa e volume de lodo produzido nas estações, pois variam de acordo com o material e procedimentos do tratamento adotados, o objeto de estudo concentrou-se na análise de dados provenientes de duas ETAs e uma ETE da Região Metropolitana da Grande Vitória/ES.

A primeira estação analisada foi a ETA Vale da Esperança que possui capacidade nominal de tratamento de 4.200 l.s^{-1} (litros por segundo). Consta no Plano Municipal de Saneamento Básico de Vila Velha/ES (2014) que 34,3% da vazão média produzida nessa estação é distribuída para o município. A estação não possui sistema de recuperação da água de lavagem ou desidratação do lodo, o que implica, atualmente, o direcionamento do lodo para o Rio Marinho, que divide os municípios de Vila Velha/ES e Cariacica/ES.

A segunda ETA analisada foi a ETA Caçaroca, que possui capacidade de produção de 395 l.s^{-1} e dispõe de estação de desidratação do lodo. Da vazão média produzida, 82,0% é distribuída para Vila Velha/ES, de acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Vila Velha/ES (2014).

Na ETA Caçaroca, a água do rio Jucu é captada para posterior tratamento. A última etapa consiste no processo de secagem que gera o lodo desidratado: o lodo é desaguado quando passa pela centrífuga da estação de desidratação de lodo (figura 1), permitindo seu descarte. De acordo com a CESAN (2017), o contato do lodo com o solo não causa impacto ambiental, pois o lodo não altera o pH do solo.



Figura 1: Vista da estação de desidratação de lodo Caçaroca fechada para manutenção.

Por fim, analisou-se a ETE Mulembá, que é a única que permite estimar a

quantidade de lodo gerado no processo de tratamento. A ETE Mulembá é dividida em duas unidades, Mulembá I e Mulembá II, sendo projetada para tratar até 560 l.s⁻¹ de efluente doméstico em um sistema aeróbio de lodos ativados por aeração prolongada. Gomes *et al.* (2013) ao considerarem apenas a ETE Mulembá II, que opera a uma vazão de 152 l.s⁻¹ de esgoto, afirmam que todo o lodo produzido no processo de tratamento passa por uma centrífuga, onde o mesmo é desidratado a média de 68 toneladas por mês (tabela 1).

MULEMBÁ II – 2013			
Mês	Q (atendida) em l/s	DQO afl. em mg/l	Quant. de lodo* em ton/mês
Janeiro	193,70	351,94	23,39
Fevereiro	80,42	274,00	22,44
Março	141,32	330,00	32,05
Abril	154,48	300,00	71,39
Mai	133,00	387,00	106,34
Junho	162,25	416,44	154,57
Julho	168,03	488,00	36,85
Agosto	156,22	403,00	60,20
Setembro	178,20	373,00	61,58

Tabela 1: Valores médios de funcionamento da ETE Mulembá II em 2013.

* Quantidade de lodo seco com teor de umidade de 80%.

Verificada a potencialidade do lodo produzido na ETE Mulembá II, que atende cerca de 70 mil pessoas, espera-se que quando o município de Vila Velha/ES alcançar uma abrangência de esgoto coletado e tratado a produção de lodo aumente significativamente. O lodo de esgoto gerado no Espírito Santo tem critérios estabelecidos para seu uso e disposição sem ocasionar impactos negativos no meio ambiente e na saúde humana, como indicado na Resolução CONAMA 375/2006.

De acordo com Caus (2012), a universalização da cobertura de abastecimento de água e do esgotamento sanitário se traduz na melhoria da qualidade de vida, queda na taxa de mortalidade infantil, redução de gastos com saúde, preservação e recuperação da fauna e flora dos ecossistemas e também o desenvolvimento do turismo.

Segundo consta na Imprensa Oficial do Espírito Santo, em solenidade no dia 31 de janeiro de 2017, foi assinado um contrato de concessão administrativa com a empresa Vila Velha Ambiental, do Grupo Aegea, para ampliação, manutenção e operação do sistema de esgotamento sanitário do município de Vila Velha/ES, visando sua universalização. A parceria público-privada prevê que em até 12 anos a cobertura de esgotamento sanitário salte de 56% para 98%, o que corresponde a 30 bilhões de litros de esgoto a menos sendo lançado no meio ambiente. Serão

implantados 643 km de rede coletora de esgoto para dar suporte as 62 mil novas ligações. O diferencial do investimento é que as seis ETEs já existentes serão transformadas em somente duas, nas quais o esgoto tratado será utilizado como água de reuso em rega de jardins e uso industrial.

No Brasil, há alguns anos, o saneamento básico passou a ser tratado como política pública que visa o emprego de novas técnicas e tecnologias para ofertar um serviço de qualidade e suprir a estimativa de produção do lodo, que é de cerca de 150 mil a 220 mil toneladas de matéria seca por ano. Uma destinação final alternativa para o lodo pouco desenvolvida no país é a junção do biossólido em camadas de base e sub-base de pavimentos asfálticos que, segundo Lucena *et al.* (2016), surge como opção por movimentar grandes volumes de solo e também necessitar de materiais com alto poder de estabilização.

Pavimento asfáltico é o material constituído de camadas que oferecem superfície de rolamento suave, estável e durável, conforto e segurança ao usuário, resistem às intempéries, aos esforços do tráfego e distribuem tais esforços para as camadas inferiores. Para Balbo (2007), as cinco principais camadas de um pavimento tipo são: revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito. Cada camada da pavimentação asfáltica tem uma função e, para garantir o bom desempenho, deve-se levar em conta a qualidade dos materiais utilizados, uso de técnicas adequadas de produção, execução e distribuição do produto na pista.

O uso do lodo para pavimentação no Brasil é uma técnica que precisa ser ponderada. Chama a atenção um estudo que foi realizado no estado de Pernambuco, onde Lucena *et al.* (2016) analisaram efluentes coletados de decantadores de descargas e filtros da ETA de Botafogo, em Igarassu/PE, e de resíduos retirados da ETE de Cabanga, em Recife/PE.

A análise das propriedades físicas permitiu que Lucena *et al.* (2016) verificassem que a textura das lamelas da ETA e do solo são semelhantes, indicando grande compatibilidade física quando misturados entre si. Já quando misturado (o solo) com lodo da ETE, o solo foi classificado como A-2-4, um tipo considerado excelente para o uso de pavimentação. Ambas amostras apresentaram alto teor de sílica devido a uma carga orgânica elevada e permitiram classificar os resíduos como não perigosos. Com a análise dos fatores de referência que definem o tráfego suportado pelo pavimento durante o seu serviço, os resíduos servem como base de pavimento de tráfego intermediário e trânsito leve. Notou-se ainda, considerando a classificação do material e o teor de umidade ideal para uso em bases de revestimento, que a dispersão dos resultados pode ter sido afetada pela natureza granular do solo.

Para Lucena *et al.* (2016), a estabilização promove maior resistência do solo e densidade aparente além de menor permeabilidade. Com relação aos testes mecânicos, o solo associado a 20% do lodo proveniente da ETA apresentou os

melhores resultados, por sua vez, a adição de 10% de resíduo da ETE mostrou o melhor desempenho entre as concentrações estudadas, permitindo que em ambos os casos, a mistura seja utilizada como base e sub-base de pavimentos asfálticos. Vale ressaltar que ambas as análises foram realizadas com o lodo em torrão.

Martinez (2014), ao analisar o desempenho de misturas betuminosas com adição de lodos de ETA e ETE, definiu a calcinação como processo de queima do lodo no intuito de reduzir seu volume e aplicá-lo posteriormente na construção civil em forma de cinzas. As amostras de lodo de ETA e ETE cedidas pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) passaram por um processo de calcinação em diferentes temperaturas: 200°C, 300°C, 500°C e 800°C. Na pesquisa, o lodo foi incorporado ao concreto asfáltico como fíler diretamente ao ligante asfáltico em porções de 15% e 20% da composição total. Determinou-se que a presença de lodo de ETA e ETE no ligante asfáltico aumenta a sua consistência à medida que se eleva a temperatura de calcinação. De maneira geral, a resistência a tração por compressão diametral de ambas as misturas é satisfatória ao passo que os melhores resultados foram encontrados com lodos calcinados à 500°C. A forma proposta de aplicação do lodo de ETA e ETE é viável e ambientalmente segura.

Para que o biossólido seja incorporado ao cimento asfáltico de petróleo é preciso considerar o processo ao qual o mesmo foi submetido: calcinação ou estabilização. A medida que a aplicação deste recurso em pavimentação de vias se tornar frequente, será constituído um ciclo: mais lodo sendo produzido, maior quantidade de lodo sendo tratado, ampliação dos processos que transformam o lodo para uso na pavimentação e aumento da disponibilidade e acesso às empresas para adotarem a nova tecnologia.

Com relação aos custos, entende-se que destinar o lodo gerado nas estações para a pavimentação é aplicar a chamada logística reversa, ao dar novo destino a produtos que anteriormente seriam descartados com o propósito de possibilitar seu retorno ao ciclo de negócios. O sistema necessita de estudos e chama atenção pelo benefício fornecido do ponto de vista sustentável e de saúde pública, por ser sinônimo de redução de resíduos destinados a aterros, afetando diretamente a vida da população.

De acordo com o Censo Demográfico 2010 do IBGE, 53,1% de domicílios urbanos do município de Vila Velha/ES estão em vias públicas que possuem bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio, logo, apresentam adequada urbanização. Esse dado revela uma grande quantidade de pessoas ainda não conta com uma infraestrutura satisfatória. Investimentos públicos nesse setor precisam ser cada vez mais frequentes. Para tanto, o emprego de resíduos de estação de tratamento de água e esgoto na pavimentação surgem como um projeto inovador e de grande relevância.

5 | CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Diante do estudo documental das propriedades físicas e dos parâmetros que classificam o tráfego suportado pelo pavimento, o lodo das estações de tratamento de água e esgoto misturados com o solo mostrou-se útil para base e sub-base de pavimento de trânsito leve e intermediário, assumindo qualidade expressiva. Entre diferentes formas de tratamento aplicadas ao resíduo, recomenda-se a calcinação, pois a associação de lodo em forma de cinzas garante uma melhor incorporação ao cimento asfáltico de petróleo e, conseqüentemente, a pavimentação produzida, devido ao aumento na consistência.

O uso do biossólido é uma proposta para resolver um problema ambiental e de saúde pública, pois grande é o volume de lodo gerado nas ETA e ETE descartado nos recursos hídricos mais próximos. Vila Velha/ES dispõe de muitas vias ainda não pavimentadas o que favorece o desenvolvimento da técnica de incorporação de biossólido ao pavimento para obras de cobertura asfáltica e recapeamento. É também uma oportunidade para a esfera pública investir em tecnologia a favor do desenvolvimento local, urbano e sustentável.

Assim sendo, o município de Vila Velha/ES tem conjuntura real para elaborar vias que adotem o lodo de ETA e ETE em sua constituição. Contudo, é preciso elaborar uma análise individual do lodo gerado no município e englobar, nas estações de tratamento, dispositivos, ferramentas e condições para que o lodo passe por um processo de desidratação adequado e mais tarde seja reutilizado para a produção de asfalto. Essa pesquisa busca servir de sustentação para que no processo de universalização da malha coletora de esgoto no município de Vila Velha/ES sejam tomadas providências de destino correto de resíduos, sendo necessárias pesquisas adicionais para o reforço desses resultados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004/2004: Resíduos sólidos - classificação.** Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/pesquisas/?searchword=10004&x=0&y=0>>. Acesso: 21/09/2017.

BALBO, J.T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração.** São Paulo: Oficina de Textos, p.35-43, 2007.

CAUS, C.L. **Das fontes e chafarizes às águas limpas: evolução do saneamento no Espírito Santo.** Vitória: CESAN, 2012.

COELHO, R.V., TAHIRA, F.S., FERNANDES, F., FONTENELE, H.B., TEIXEIRA, R.S. **Uso de lodo de estação de tratamento de água na pavimentação rodoviária.** Goiânia: Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v.10, n.2, p.11-22, 2015.

COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE SANEAMENTO. **Pesquisa estudantil.** Vitória: Companhia Espírito Santense de Saneamento, 2017. Disponível em: <<https://www.cesan.com.br/sociedade/>>

pesquisa-estudantil/>. Acesso: 21/09/2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 375/2006**: *Define critérios e procedimentos, para uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências*. Brasília: Diário Oficial da União, n.167, p.141-146, 2006.

FAGNANI, K.C., RIBAS, M.M. F., FAGUNDES-KLEN, M.R., VEIT, M.T. **Diagnóstico de uma usina de asfalto visando a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental com base na norma ABNT NBR ISO 14001**. Paraná: Estudos Tecnológicos, v.5, n.2, p.212-226, 2009.

GODOI, L.C. **A logística na destinação do lodo de esgoto**. São Paulo: Revista Científica On-line Tecnologia – Gestão – Humanismo, v.2, n.1, p.79-90, 2013.

GOMES, I.H., BERNADINO, U.B. **Estudo comparativo da produção de lodos das estações de tratamento de esgoto de Mulembá e Vale Encantado e avaliação dos custos com sua disposição**. Vitória, 2013. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdades Integradas Espírito-Santenses, 2013.

IMPrensa OFICIAL DO ESPÍRITO SANTO. **Cesan: contrato para universalizar esgotamento em Vila Velha**. Vitória: 2017. Disponível em: <<http://dio.es.gov.br/Not%C3%ADcia/cesan-contrato-para-universalizar-esgotamento-em-vila-velha>>. Acesso: 16/11/2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Vila Velha: panorama**. Governo Federal do Brasil: 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/vila-velha/panorama>>. Acesso: 22/11/2017.

LIMA, M.F., MATTOS, C.N., VIEIRA, P.L.C., ALMEIDA, L.F. **Geração de lodo de esgoto e seu potencial como fonte de matéria orgânica para a agricultura**. Vitória: Manual de uso agrícola e disposição do lodo de esgoto para o estado do Espírito Santo, cap.1, p.11-18, 2011.

LUCENA, L.C., JUCA, J.F.T., SOARES, J.B., BARROSO, S.H.A., PORTELA, M.G. **Characterization and evaluation of the potential use of sludge from STP and WTP in paving**. Jaboticabal: Revista Engenharia Agrícola, v.36, n.1, p.166-178, 2016.

MARTINEZ, J.G. B. **Avaliação de desempenho de misturas betuminosas com adição de lodos de ETA e ETE**. Brasília, 2014. Dissertação de Mestrado-Universidade de Brasília, 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VILA VELHA/ES. **Plano municipal de saneamento básico de Vila Velha/ES: sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário**. Vila Velha: Prefeitura Municipal de Vila Velha, 2014. Disponível em: <<http://www.vilavelha.es.gov.br/midia/paginas/PMSB%20Vila%20Velha.pdf>>. Acesso: 21/09/2017.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Água de poço 251, 261
Alcalinizante 261, 264
Alumínio dissolvido 261, 272
Amortecimento de cheia 55
Área costeira 226, 227, 228, 232, 235
Argamassa de revestimento 20, 31
Arranjos territoriais 46, 47, 48, 49, 52, 53
Assoreamento 22, 54, 55, 56, 60, 61
Aterro sanitário 8, 10, 17, 18, 19, 36, 38, 42, 44, 45, 50, 51, 75, 78, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 89, 91, 93, 94, 97, 98, 99, 100, 116, 129, 131, 132, 187, 189, 192, 198, 199, 200, 201, 217

C

Coleta seletiva 64, 71, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 123, 124, 129, 130, 190, 191, 197, 202, 208, 219, 220, 223
Composteira 4, 216, 218, 220, 222, 224
Composto orgânico 1, 3, 5, 174, 175, 177, 179, 180, 181, 182, 184, 200, 218
Consórcios intermunicipais 46, 47, 48, 52, 53
Crise hídrica 261, 262

D

Degradação ambiental 21, 104, 132, 232, 234
Deslignificação 133, 135, 136, 137, 138
Destinação 1, 2, 6, 22, 33, 34, 36, 38, 40, 43, 53, 62, 66, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 87, 89, 90, 93, 94, 98, 99, 100, 104, 112, 118, 120, 122, 123, 124, 151, 153, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 166, 170, 173, 174, 175, 188, 190, 206, 207, 208, 215, 217, 218, 219, 220, 223, 255
Disposição final 2, 8, 9, 10, 15, 19, 33, 34, 36, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 49, 51, 52, 53, 64, 66, 72, 74, 75, 77, 78, 89, 91, 93, 94, 95, 98, 100, 101, 127, 130, 131, 134, 156, 187, 190, 191, 203, 204, 217, 253, 255

E

Ecodesign 249, 250, 254, 257
Ensaio à compressão 20
Ensaio à tração na flexão 20
Erosão 275, 282
Estação de tratamento 163, 164, 166, 171, 172

G

Geomorfologia 274, 275, 277, 278, 279, 280
Gerenciamento de resíduos sólidos 2, 36, 64, 74, 102, 112, 118, 120, 121, 123, 124, 125, 187
Gerenciamento de resíduos sólidos de atividades de transporte 118, 121, 123, 124

H

Horta escolar 216, 223

I

Impacto social 206

Índice de qualidade de aterro de resíduos 8, 9, 33, 34, 44, 45

Internações 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248

L

Lodo 2, 7, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 176, 177, 178, 179, 183, 184, 185, 186, 196, 197, 198, 203

M

Mapeamento 103, 104, 107, 252, 274, 275, 277

Material reciclável 206

Meio ambiente 2, 6, 8, 9, 18, 21, 22, 30, 34, 38, 41, 43, 44, 49, 53, 63, 64, 65, 73, 74, 90, 104, 112, 118, 120, 125, 132, 133, 141, 146, 150, 151, 153, 154, 166, 169, 173, 174, 175, 184, 188, 190, 193, 206, 207, 208, 210, 211, 213, 220, 221, 222, 224, 228, 250, 251, 254, 260, 261, 284

Meteorologia 237

Mobilização social 126

P

Pavimentação 107, 163, 164, 165, 166, 170, 171, 172

Perfil ambiental 249, 252, 253, 255, 258

Pgrss 62, 63, 64, 66, 73

Ph 197

Planejamento urbano 61, 109, 112, 116, 226, 284

Política nacional de resíduos sólidos 1, 2, 6, 8, 9, 19, 22, 30, 35, 36, 44, 46, 47, 52, 53, 73, 75, 77, 87, 88, 119, 120, 124, 126, 127, 132, 145, 148, 150, 151, 188, 189, 191, 217

Poluentes atmosféricos 237, 238, 239, 241, 246

R

Reciclagem 8, 21, 22, 23, 31, 89, 90, 91, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 101, 124, 125, 130, 134, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 160, 161, 162, 178, 186, 187, 191, 192, 199, 200, 201, 203, 204, 217, 223, 255

Recuperação energética 186, 187, 189, 192, 193, 196, 200

Regionalização 46, 47, 48, 49, 51, 53

Reservatório 14, 54, 55, 56, 57, 60

Resíduos sólidos urbanos 8, 10, 16, 19, 34, 35, 36, 39, 45, 46, 47, 49, 50, 53, 63, 75, 78, 81, 87, 88, 89, 90, 93, 95, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 118, 130, 131, 155, 186, 187, 189, 190, 195, 204, 205, 206, 207, 208, 217

Rota tecnológica 89, 90, 91, 93, 94, 96, 100, 101

S

Sedimentos 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 282

Sistema informações geográficas 226

Sustentabilidade 1, 18, 45, 53, 92, 126, 127, 144, 145, 147, 150, 151, 152, 185, 202, 224, 231, 249, 250, 251, 260, 284

Sustentabilidade ambiental 144, 145, 147, 150, 151, 231, 260

T

Tecnologia 35, 45, 77, 89, 100, 105, 142, 144, 152, 171, 172, 173, 185, 192, 196, 199, 200, 201, 206, 213, 224, 260, 261, 262, 263, 264, 272

Tratamento superficial da borracha 20

Triagem 46, 51, 53, 89, 91, 93, 94, 96, 97, 98, 100, 190, 194, 206, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 214

U

Uso e ocupação do solo 54, 56, 61, 226, 228, 277

V

Viabilidade 23, 30, 48, 153, 154, 155, 158, 163, 164, 166, 187, 188, 189, 197, 205

 **Atena**
Editora

2 0 2 0