



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

COMPOSTAGEM E HORTA ORGÂNICA NA FACULDADE FARIAS BRITO COMO INSTRUMENTO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Data de aceite: 06/01/2020

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

RESUMO: Com o constante crescimento das cidades e o aumento da densidade demográfica nos grandes centros urbanos, cada vez mais se têm gerado uma grande quantidade de resíduos. Esses resíduos, se não dispostos de forma adequada, traz inúmeros prejuízos à saúde humana. A compostagem dos resíduos orgânicos, além da eficiência torna-se uma prática bem comum e fácil de ser utilizada. Nos Centros Acadêmicos, onde existem refeitórios, existe uma produção bem significativa deste tipo de resíduo e uma alternativa que poderia ser feita para minimizar os impactos, seria a compostagem dos resíduos orgânicos. Na Cantina da Faculdade Farias Brito, é disponibilizado diariamente, almoço e janta, além de lanche rápido, o que faz com que seja gerado aproximadamente 15 kg de resíduos orgânicos, foi utilizado esse resíduo na compostagem orgânica, gerando aproximadamente 12 kg de composto orgânico.

Foi ainda utilizado esse composto numa pequena horta, implantada numa área externa do estacionamento da Faculdade Farias Brito, de 18m², com as seguintes culturas: Coentro, Cebolinha, Beterraba e Cenoura, sendo possível observar o bom desenvolvimento destas culturas com o composto orgânico. Posterior a essas etapas será realizado ainda, junto com a coordenação da Faculdade Farias, um evento de repasse da experiência adquirida com o desenvolvimento do projeto de pesquisa para os alunos dos diversos cursos de graduação da Faculdade Farias Brito, alunos das séries iniciais do ensino fundamental e médio da Escola Farias Brito, como também a comunidade em geral e demais interessados. Com a realização deste pretende-se estimular uma conscientização ambiental mais ampla nos participantes do evento, com relação aos processos de separação dos resíduos, tipos de tratamentos dos resíduos orgânicos e posterior utilização do subproduto gerados através da técnica da compostagem.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos, Destinação, Sustentabilidade, Composto.

INTRODUÇÃO

A nova Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), implementada pela lei federal 12.305, de 02 de agosto de 2010, prioriza a

necessidade de se extinguir de uma vez por toda a presença de lixões no Brasil. Para isso, a lei determinou aos municípios brasileiros que até 02 de novembro de 2014 extinguissem os lixões a céu aberto e os aterros controlados, alegando o efeito danoso que os mesmos oferecem. Porém, esse prazo teve que ser prorrogado por mais quatro anos para que as prefeituras se organizassem e construíssem aterros sanitários adequados para o recebimento dos resíduos sólidos.

O crescente desenvolvimento traz inúmeros fatores favoráveis, porém, também causa efeitos ao meio ambiente, dentre os quais podemos destacar a grande quantidade de resíduos gerados direta e indiretamente pelo aumento da população, entre os quais se destacam: o lixo urbano, o lodo de esgoto e resíduos de origem agrícola. Tais resíduos apresentam composição e propriedades bastante variáveis que dependem de sua origem. O processo de tratamento empregado dependerá, de seus constituintes orgânicos e minerais, e da presença de microrganismos patogênicos e elementos tóxicos (SILVA *et al.*, 2008).

A principal preocupação com os resíduos gerados, certamente é a destinação final correta dos mesmos, pois, se não forem adequadamente descartados, se tornam passivos ambientais. Entre as inúmeras possibilidades para a disposição final de resíduos, a utilização em sistemas agrícolas e florestais configura opção mais viável, pois, esses materiais são ricos em matéria orgânica e nutrientes para as plantas. A aplicação desses materiais na agricultura permite a diminuição dos custos com fertilizantes sintéticos, bem como a melhoria das propriedades químicas, físicas e microbiológicas do solo. (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

Outra necessidade para o gerenciamento de resíduos sólidos é o tratamento. A estratégia de tratamento utilizada para determinado tipo de resíduo deve priorizar a redução do volume e o reaproveitamento do produto após o tratamento. Assim, as operações de tratamento de resíduos tem a vantagem ambiental de gerar um resíduo limpo com menor poder de impactar de forma negativa o meio ambiente e a de gerar recursos através do seu aproveitamento (ARAFAT; JIJAKLI & AHSAN, 2015). Kalyani e Pandey (2014) relatam que existem três tipos fundamentais de tecnologias voltadas para o tratamento de resíduos sólidos: 1 – Conversão térmica (incineração, pirólise e gaseificação); 2 – Conversão bioquímica (digestão anaeróbica e compostagem); 3 – Deposição em aterro Sanitário. Apesar de existir diversos tipos de tratamento para os resíduos sólidos gerados, segundo o IBGE (2012) a forma de disposição a céu aberto em lixões representa cerca de 70% das soluções finais para a solução desse problema. Pode ser que esse dado reduza com a vigência da nova política nacional de resíduos sólidos, que teve que ser prorrogada para 2018. De acordo com o que foi apresentado acima, pode-se notar que a simples disposição final dos resíduos em aterros sanitários não é mais suficiente para o cumprimento das exigências legais da nova política de resíduos sólidos.

Os resíduos orgânicos podem ser utilizados de forma *in natura* ou podem receber tratamentos. Dentre esses tratamentos, destaca-se a compostagem, um processo simples e barato que tem a capacidade de reduzir consideravelmente o volume e a massa dos resíduos, além de gerar um produto estável e com teores mais elevados de matéria orgânica estabilizada e de nutrientes (SÁNCHEZ – MONEDERO *et al.*, 2002).

A compostagem utiliza práticas que favorecem a transformação da matéria orgânica de resíduos em um material mais estável. Inacio e Miller (2009) definem que as técnicas da compostagem são baseadas nas características físicas e químicas dos materiais empregados, buscando manter controlada a temperatura, umidade e a relação C/N (Carbono/Nitrogênio). Kiehl (2004) e Fernández *et al.* (2009) relatam que após a compostagem são formados dois importantes componentes: nutrientes disponíveis para a nutrição vegetal e o húmus como condicionador e melhorador das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. A compostagem pode ser conduzida em grande escala (industrias de compostagem) ou em pequenas propriedades como é o caso da compostagem doméstica (BRITO, 2006).

A qualidade do composto e do processo de compostagem são influenciados por diferentes variáveis ambientais dentre as quais estão a umidade, aeração, balanço de nutrientes, substrato e pH (LIM; LEE e WU, 2016). A manutenção da umidade é importante, pois a água é necessária para manter o metabolismo microbiano, tendo faixa considerada adequada para a compostagem em torno de 40-50 a 65% (INÁCIO e MILLER, 2009; KIELH, 2004). Estudos relatam que a inibição da atividade microbiológica é inibida quando a compostagem possui umidade abaixo de 40%, tornando-se assim baixa e insuficiente para manutenção da atividade termofílica da compostagem.

OBJETIVOS

- Implantar um programa de separação dos resíduos orgânicos na Cantina da Faculdade Farias Brito;
- Quantificar o volume gerado de resíduos orgânicos no restaurante universitário;
- Implantar uma unidade de compostagem e horta agrícola perene na faculdade para os alunos do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.
- Avaliar a eficiência agrônômica do composto orgânico produzido;
- Promover a educação ambiental no meio acadêmico, através da divulgação dos resultados esperados deste projeto;

- Promover ainda, conscientização ambiental do público presente no evento de repasse da experiência adquirida através do desenvolvimento do projeto.

METODOLOGIA

O projeto dividiu-se em duas etapas distintas, a primeira sendo o treinamento dos funcionários responsáveis pela cantina da Cantina da Faculdade Farias Brito, sobre a separação dos resíduos em orgânicos e não orgânicos, para utilização dos resíduos orgânicos no processo de compostagem e a segunda etapa, que seria a utilização deste composto numa pequena horta para se avaliar o crescimento vegetativo das culturas implantadas.

1ª ETAPA:

Primeiramente, os funcionários responsáveis pela limpeza dos utensílios destinados à alimentação do restaurante universitário receberão um treinamento afim de identificar e acondicionar os resíduos orgânicos compostáveis. Os mesmos serão pesados numa balança digital de precisão Marte, modelo MS 20k. Esse procedimento será realizado diariamente durante uma semana, a partir dos dados obtidos será possível estimar a quantidade de resíduos orgânicos gerados diariamente.

Será montada uma composteira doméstica na faculdade utilizando 03 baldes de 18litros: 01 para coleta do chorume produzido através do processo de compostagem e os outros dois para a mistura do resíduo orgânico com o material catalisador (Nesse caso, será a serragem), um em cima do outro. Será monitorada diariamente, onde será observada a temperatura e umidade, será revolvido o conteúdo dentro da composteira conforme haja necessidade para que não se forme zonas anaeróbicas. Estima-se que o processo de compostagem leve entre 40 e 45 dias (SILVA *et al.*, 2015), tão logo termine essa etapa, será dado inicio a segunda etapa do processo.



Fonte: O autor (2017)

2ª ETAPA:

A 2ª etapa do processo consistirá na implantação de uma horta, em uma área ociosa no estacionamento da faculdade, utilizando o composto orgânico produzido na 1ª etapa do projeto.

Em uma área de aproximadamente 18m², iremos implantar uma para o cultivo de hortaliças, tais como: Coentro, cebolinha, cenoura e beterraba. Será feito o preparo do solo, utilizando o composto orgânico, no plantio dessas culturas. Serão irrigadas de forma manual, identificada e delimitada cada parcela onde será cultivada cada cultura com garrafas PET's. Está horta posteriormente será alvo de visitação para os participantes do evento de repasse da experiência adquirida, através do desenvolvimento do projeto.

As hortaliças geradas através da horta será disponibilizada para a comunidade carente no entorno da Faculdade Farias Brito e entre os visitantes.



Fonte: O autor (2017)

RESULTADOS

Foi constatado através das coletas dos resíduos orgânicos gerados na cantina, uma produ o de aproximadamente 06 quilogramas diariamente, sendo esses resíduos proveniente das duas refei es servidas.

Com rela o ao processo de compostagem, o processo se deu em torno dos dias esperados, 40 a 45 dias, foram utilizados aproximadamente 15 kg de resíduos orgânicos, o que gerou, depois de peneirado, um volume de aproximadamente 12kg de composto orgânico.

Com rela o   horta, apesar do pouco tempo avaliado, foi observado o bom desenvolvimento das culturas implantadas, não sendo necessário o replantio.

Foi marcado com o coordenador do Curso de Engenharia Ambiental da Faculdade Farias Brito, um evento de repasse da experiência adquirida com o projeto, para os alunos do curso nos semestres iniciais e demais interessados.

CONCLUSÕES

Os resíduos orgânicos da Faculdade Farias Brito, não estão sendo dispostos de maneira adequada, sendo necessário a implantação de um projeto de reaproveitamento desse resíduo e posterior uso.

Concluimos ainda que, com o projeto que a destinação ambientalmente correta para os resíduos orgânicos da cantina da Faculdade Farias Brito, pode torna-se uma prática de educação ambiental para com os alunos dos cursos de graduação e/ou das séries iniciais do ensino fundamental, bem didática.

Para uma melhor avaliação da horta e seu desenvolvimento, precisa-se de mais tempo de análise.

REFERÊNCIAS

ARAFAT, H. A.; JIJAKLI, K.; AHSAN, A. Environmental performance and energy recovery potential of five processes for municipal solid waste treatment. **Journal of Cleaner Production**, v.105, n.1, p. 233-240, 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. DOU, Brasília, 02 de Agosto de 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 31 de Abril de 2017

BRITO, M. L. **Compostagem para a agricultura biológica**. In: Manual de Agricultura Biológica – Terras de Bouro. Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, 2006. Cap. 3, p. 119-138. Disponível em: <<http://www.ci.esapl.pt/mbrito/Manual%20de%20AB%20%20compostagem.pdf>>. Acesso em: 31 de Abril de 2017.

FERNÁNDEZ, J. M.; SENESI, N.; PLAZA, C.; BRUNETTI, G.; POLO, A. **Effects of Composted and Thermally Dried Sewage Sludges on Soil and Soil Humic Acid Properties**. **Pedosphere**, v.19 n.3, p. 281–291, 2009.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro. Embrapa Solos, 2009. 156 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Rio de Janeiro: RJ, 2010.

KALYANI, K.A.; PANDEY, K.K. **Waste to energy status in India: a short review**. **Renew Sustain Energy Rev**, v.31, p. 113–120, 2014.

KIEHL, E.J. **Manual de Compostagem: Maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: E. J. Kiehl, 2004. 173 p.

LIM, S. L.; LEE, L. H.; WU, T. Y. **Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases**

emissions and economic analysis. Journal of Cleaner Production, v.11, n.1, p. 262-278, 2016.

NASCIMENTO, B. L. M. ; FERNANDES, L. B. ; LIMA, G. S. ; ARAUJO, C. D. ; STEFANUTTI, R. . **Compostagem de Lodo Séptico: Caracterização da Matriz Orgânica..** In: XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2014, Monterrey-Nuevo Leon-México. Anais do XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Monterrey: AIDIS, 2014.

SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A.; CEGARRA, J.; GARCÍA, D.; ROIG, A. **Chemical and structural evolution of humic acids during organic waste composting. Biodegradation**, v. 13, p.361 – 371, 2002.

SILVA, A. G.; LEITE, V. D.; SILVA, M. M. P.; PRASAD, S.; FEITOSA, W. B. S. **Compostagem aeróbia conjugada de lodo de tanque séptico e resíduos sólidos vegetais.** Engenharia Sanitária e ambiental, v.13, n.4, p.371-379, 2008.

SILVA, MINELLY AZEVEDO DA ; MARTINS, ELISETE SOARES ; AMARAL, WILLIAM KENNEDY DO ; SILVA, HELENO SANTOS DA ; MARTINES, ELIZABETH ANTONIA LEONEL . **Compostagem: Experimentação Problematizadora e Recurso Interdisciplinar no Ensino de Química.** Química Nova na Escola (Impresso), v. 37, p. 71/Vol. 37 nº 1-81, 2015.

ATERRO SANITÁRIO DA CIDADE DE ITAMBÉ – PR: APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERROS SANITÁRIOS

Data de aceite: 06/01/2020

Cláudia Telles Benatti

Universidade Estadual de Maringá – UEM,
Departamento de Engenharia Civil
Maringá – Paraná

Luiz Roberto Taboni Junior

Universidade Estadual de Maringá – UEM,
Departamento de Engenharia Civil
Maringá – Paraná

Igor José Botelho Valques

Universidade Estadual de Maringá – UEM,
Departamento de Arquitetura e Urbanismo
Maringá – Paraná

RESUMO: O crescente aumento na geração de resíduos sólidos urbanos vem intensificando a necessidade de dispor esses resíduos de forma adequada, sem que ocorra danos à saúde pública e ao meio ambiente. Neste contexto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal 12.305/2010) impõe a obrigatoriedade da disposição final de rejeitos em aterros sanitários, além de determinar o fechamento dos lixões a céu aberto para garantir a integridade do espaço urbano e ambiental. Com o objetivo de avaliar o desempenho dos aterros sanitários, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB desenvolveu o Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos – IQR, classificando os

aterros em condições inadequadas, controladas e adequadas. Diante disso, o presente estudo objetivou avaliar o aterro sanitário da cidade de Itambé – PR, que possui atualmente licença ambiental para receber resíduos perigosos (Classe I) e não perigosos (Classe II). Como resultado, a estrutura obteve nota superior a 9,0, classificando-se como sistema adequado de disposição e apresentando medidas de gerenciamento que vise preservar o meio ambiente, como a implantação de um galpão destinado a segregar os resíduos com potencial de reciclagem.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos. Aterro Sanitário. Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos. Reciclagem.

LANDFILL OF ITAMBÉ – PR: INDEX QUALITY APPLICATION

ABSTRACT: The growing increase of solid urban waste has intensified the need for its proper disposal without damage to public health and the environment. In this context, the National Policy of Solid Waste (Federal Law 12.305 / 2010) imposes the obligation of the final disposal of waste in landfills and determines the closure of open dumps to ensure the integrity of urban and environmental space. To evaluate the performance of landfills, the São Paulo State Environmental Company (CETESB) developed

the Waste Landfill Quality Index (IQR), classifying landfills under inadequate, controlled and appropriate conditions. Therefore, this study aimed to evaluate the landfill of the city of Itambé - PR, which currently has an environmental license to receive hazardous (Class I) and non-hazardous (Class II) waste. As a result, the structure obtained a grade higher than 9.0, being classified as an adequate disposal system and presenting management measures aimed at preserving the environment, such as the implementation of a shed to segregate waste with recycling potential.

KEYWORDS: Solid waste. Landfills. Waste Landfill Quality Index. Recycling.

1 | INTRODUÇÃO

Uma das maiores adversidades enfrentadas pela administração pública envolve a gestão, gerenciamento e disposição final dos resíduos sólidos. Diante desta problematização, tem-se promulgado políticas públicas, destacando-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Lei Federal 12.305/2010), que apresenta parâmetros e diretrizes a serem seguidas.

Atualmente, as principais dificuldades encontradas para propiciar o manejo correto dos resíduos sólidos estão relacionadas à escassez de recursos financeiros por parte dos órgãos públicos, falta de campanhas educacionais direcionadas à população e ausência de equipamentos e áreas livres nos grandes centros urbanos que garantam o gerenciamento dos resíduos (ALBERTIN et al., 2010; CETESB, 2006).

Com relação aos métodos de disposição final Obladen (2009) explica que os aterros sanitários são atualmente a melhor forma de disposição final, que devem ser projetados seguindo um conjunto de normas técnicas para evitar danos à saúde pública e ao meio ambiente. Outrossim, os aterros possuem a capacidade de drenar e tratar o lixiviado e queimar os gases decorrentes da decomposição da matéria orgânica. Porém, quando gerenciado de modo incorreto, aterros sanitários tendem a se tornarem extensões controladas e até mesmo lixões a céu aberto.

Os aterros controlados são caracterizados por, a primeira vista, serem semelhantes aos aterros sanitários, apesar disso não possuem um sistema de impermeabilização do solo e não realizam a drenagem do lixiviado e queima do biogás. Em relação aos lixões, a disposição dos rejeitos se dá diretamente sobre o solo, sem camada de recobrimento, ocasionando danos ao lençol freático, além de gerarem problemas à saúde pública com a proliferação de vetores.

Visando avaliar os aterros existentes, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB desenvolveu um método de avaliação e classificação, denominado de Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos – IQR. No que se refere aos termos a serem analisados, a companhia adota três grupos de avaliação, sendo

eles: caracterização do local, infraestrutura implantada e condições operacionais, que tem por finalidade apresentar se o sistema de disposição final é considerado adequado, controlado ou inadequado.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo caracterizar e avaliar o aterro sanitário da cidade de Itambé, PR, e verificar as ações adotadas pela administração do aterro para garantir o desenvolvimento sustentável.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na cidade de Itambé – PR (Figura 1), um município com aproximadamente 6.210 habitantes (IBGE, 2017), que possui como base econômica as atividades agrícolas e pecuárias.



Figura 1 – Localização da cidade de Itambé e do aterro

Fonte: Adaptado do Google Earth (2019)

O aterro é administrado por uma empresa privada, que atua em mais de cem cidades localizadas no sul do Brasil. O aterro está instalado em um terreno de 25 hectares, contando com a existência de 4 células de recebimento de resíduos sólidos. Segundo a Portaria do Instituto Ambiental do Paraná – IAP n.º. 259/2014, o aterro é licenciado para receber resíduos industriais e resíduos sólidos urbanos (RSU).

Com o início do funcionamento do aterro, no ano de 2018, todos os resíduos sólidos urbanos da cidade de Itambé passaram a ser dispostos no aterro sanitário, evitando-se assim, a disposição de resíduos em lixões.

2.1 Coleta de dados

A coleta de dados para o cálculo do Índice de Qualidade foi realizado utilizando o método da CETESB por meio de visitas técnicas ao local, nas quais realizou-se a aplicação de questionários no formato *ckecklist*, considerando os seguintes aspectos:

- Características do local: capacidade de suporte do solo; permeabilidade do solo; proximidades dos núcleos habitacionais; proximidades dos corpos de águas; profundidade do lençol freático; disponibilidade do material para recobrimento; qualidade do material para recobrimento; condições dos sistemas viários, trânsitos e acessos; isolamento visual da vizinhança e a legalidade da localização;
- Infraestrutura implantada: cercamento da área; portaria e guarita; controle de recebimento de cargas; acesso à frente de trabalho; trator de esteira ou compatível; outros equipamentos; impermeabilização da base do aterro; drenagem de lixiviado; drenagem de águas pluviais definitiva; drenagem de águas pluviais provisória; drenagem de gases; sistema de tratamento de lixiviado; monitoramento de água subterrânea; monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases; monitoramento da estabilidade de maciços de solo e lixo; atendimento à estipulação de projeto;
- Condições operacionais: presença de elementos dispersos pelo vento; recobrimento diário do lixo; compactação do lixo; presença de urubus ou gaivotas; presença de moscas em grande quantidade; presença de queimadas; presença de catadores; criações de animais (porcos, bois); descarga de resíduos de saúde; descarga de resíduos industriais; funcionamento da drenagem de lixiviado; funcionamento da drenagem pluvial definitiva; funcionamento da drenagem pluvial provisória; funcionamento da drenagem de gases; funcionamento do sistema de tratamento de lixiviado; funcionamento do sistema de monitoramento da água subterrânea; funcionamento do sistema de monitoramento de águas superficiais, lixiviados e gases; funcionamento do sistema de monitoramento da estabilidade de maciços de solo e lixo; medidas corretivas; dados gerais sobre o aterro; manutenções dos acessos internos; plano de fechamento do aterro.

De acordo com a Cetesb cada parâmetro analisado apresenta um peso diferenciado, totalizando um total de 130 pontos. Os aterros que atingirem uma pontuação abaixo de 6,0 são classificados como aterros inadequados, caso fique entre 6,1 a 8,0 classificam-se como aterro de condições controladas, e valores superiores a 8,1 detêm-se de estruturas de condições adequadas. Diante disso, utilizou-se a equação 1 para se obter o valor final do IQR da área de estudo.

$$\text{IQR} = (\text{subtotal 1} + \text{subtotal 2} + \text{subtotal 3}) / 13 \quad \text{equação (1)}$$

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, analisou-se as características do local de implantação do aterro, observando-se que a administração do empreendimento se preocupou com esta vertente. Evitando-se, assim, qualquer adversidade causada pela presença de áreas habitacionais ao redor do aterro ou de atividades industriais e agrícolas, que poderiam comprometer o licenciamento perante aos órgãos ambientais e municipais.

Atualmente, o aterro ainda passa por um processo de adequação na área de implantação. Como exemplo, cita-se as condições de acesso. No período de chuvas, o deslocamento até o local pode ser comprometido por conta da ausência de um pavimento ou de uma camada de cascalho. Como solução, a gestão do aterro vem buscando investimentos para pavimentar a via que dá acesso ao aterro.

Na Tabela 1 apresenta-se os dados obtidos em referência as características gerais do aterro, atingindo uma pontuação de 39 pontos, sendo que o único quesito a não alcançar a pontuação máxima foi em relação as condições de acesso.

Subitem	Avaliação	Peso	Pontos
Capacidade de suporte do solo	Adequada	5	5
	Inadequada	0	
Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500 metros	5	5
	Próximo	0	
Proximidade de corpos d'água	Longe > 200 metros	3	3
	Próximo	0	
Profundidade do lençol freático	Maior que 3 metros	4	4
	De 1 a 3 metros	2	
	De 0 a 1 metro	0	
Permeabilidade do solo	Baixa	5	5
	Média	2	
	Alta	0	
Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4	4
	Insuficiente	2	
	Nenhuma	0	
Qualidade do material para recobrimento	Boa	2	2
	Ruim	0	
Condições do sistema viário, trânsito e acesso	Boas	3	2
	Regulares	2	
	Ruins	0	
Isolamento visual da vizinhança	Bom	4	4
	Ruim	0	
Legalização da localização	Local permitido	5	5
	Local proibido	0	
Subtotal máximo		40 pontos	39 pontos

Tabela 1 – Análise do aterro de acordo com suas características gerais

Em seguida, a pesquisa analisou as características da infraestrutura implantada

pela empresa responsável pela administração do aterro (Tabela 2).

Subitem	Avaliação	Peso	Pontos
Cercamento da área	Sim Não	2 0	2
Portaria/ guarita	Sim Não	2 0	2
Impermeabilização da base do aterro	Sim Não	5 0	5
Drenagem de lixiviado	Suficiente Insuficiente Inexistente	5 1 0	5
Drenagem das águas pluviais (definida)	Suficiente Insuficiente Inexistente	4 2 0	4
Drenagem de águas pluviais (provisória)	Suficiente Insuficiente Inexistente	2 1 0	2
Trator de esteira ou compatível	Permanente Periodicamente Inexistente	5 2 0	5
Outros equipamentos	Sim Não	1	1
Sistema de tratamento do lixiviado	Suficiente Insuficiente	5 0	0
Acesso à frente de trabalho	Bom Ruim	3 0	3
Vigilantes	Sim Não	1 0	1
Sistema de drenagem de gases	Suficiente Insuficiente Inexistente	3 1 0	3
Controle de recebimento de carga	Sim Não	2 0	2
Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente Insuficiente Inexistente	3 2 0	3
Atendimento a estipulações de projeto	Sim Parcialmente Não	2 1 0	2
Subtotal máximo		45 pontos	40 pontos

Tabela 2 – Análise do aterro de acordo com a infraestrutura implantada

A única adversidade verificada nesta parte do estudo foi relativa ao sistema de tratamento do lixiviado, uma vez que o percolado não é tratado no aterro. Atualmente, a gestão do aterro possui um contrato com uma empresa privada que é responsável por coletar e tratar todo efluente, evitando-se assim qualquer dano ambiental e ao

bem-estar público (Figura 2).



Figura 2 – Lagoa de lixiviado

Com relação ao sistema de drenagem, o aterro conta com estruturas definitivas e com um sistema de aproveitamento da água da chuva, que é utilizada para a higienização dos maquinários do aterro. A Figura 3 mostra a área de recebimento de resíduos perigosos (Classe I), neste âmbito a água que incide sobre o telhado é coletada por meio de calhas e conduzidas por um conjunto de canos até um reservatório localizado próximo aos pilares de sustentação da estrutura metálica. Ressalta-se, ainda, que a estrutura metálica possui um sistema de deslocamento horizontal responsável por evitar que os resíduos sólidos, classe I, fiquem expostos ao tempo.



Figura 3 – Sistema de captação de água da chuva

No que se refere ao despejo dos resíduos nas valas, os funcionários acompanham a operação de descarregamento até sua conclusão, com o objetivo de se evitar qualquer irregularidade que venha a comprometer a qualidade de gerenciamento do aterro. Na Figura 4 apresenta-se a disposição final do material, na qual é possível verificar a presença da manta impermeabilizante, que tem como objetivo impedir a contaminação do solo e do lençol freático.



Figura 4 – Disposição final dos resíduos nas valas

Todo material que chega até o aterro é pesado em uma balança, que está localizada ao lado da guarita (Figura 5), isso garante um maior controle de gerenciamento sobre a quantidade do resíduo que está sendo depositado no aterro.

A estrutura possui ainda em suas instalações um laboratório, que realiza análises sobre os resíduos e monitora a qualidade das águas subterrâneas. Em referência à segurança, o ambiente possui um cercamento e é monitorado por um sistema de alarmes e por um grupo de vigilantes.



Figura 5 – Sistema de pesagem e checagem dos resíduos

Correspondente às condições de visitação, o local não permite a entrada de pessoas não autorizadas, fazendo-se necessário um agendamento prévio. Em relação a proteção das valas, cada sistema dispõe de uma guarita de controle, conforme visualizado na Figura 3.

Por se localizar próximo ao antigo lixão da cidade (Figura 6), avistou-se a existência de algumas espécies de aves, que em alguns momentos transitaram próximo as valas de resíduos sólidos urbanos. No entanto, não foi verificado a presença de moscas ou de odor intragável.



Figura 6 – Antigo lixão da cidade de Itambé – PR

Por fim, a Tabela 3 apresenta as condições operacionais do aterro, que atingiu uma pontuação de 39 pontos. O único fator que impossibilitou a nota máxima foi relativo ao funcionamento do sistema de tratamento do lixiviado no local.

Subitem	Avaliação	Peso	Pontos
Aspecto geral	Bom	4	4
	Ruim	0	
Ocorrência de lixo descoberto	Não	4	4
	Sim	0	
Recobrimento do lixo	Adequado	4	4
	Inadequado	1	
	Inexistente	0	
Presença de urubus ou gaivotas	Não	1	0
	Sim	0	
Presença de moscas em grande quantidade	Não	2	2
	Sim	0	
Presença de catadores	Sim	0	3
	Não	3	
Criação de animais	Não	3	3
	Sim	0	

Descarga de resíduos sólidos de saúde em valas destinadas a RSU	Não Sim	3 0	3
Descarga de resíduos industriais em valas destinadas a RSU	Não/ adequado Sim/ inadequado	4 0	4
Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom Regular Inexistente	2 1 0	2
Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Bom Regular Inexistente	2 1 0	2
Funcionamento da drenagem do lixiviado	Bom Regular Inexistente	3 2 0	3
Funcionamento do sistema de tratamento do lixiviado	Bom Regular Inexistente	5 2 0	0
Funcionamento do sistema de monitorização das águas	Bom Regular Inexistente	2 1 0	2
Eficiência da equipe de vigilância	Bom Ruim	1 0	1
Manutenção dos acessos internos	Boas Regulares Péssimas	2 1 0	2
Subtotal máximo		45 pontos	39 pontos

Tabela 3 – Análise do aterro de acordo com as condições operacionais da área

O aterro sanitário atingiu uma nota de índice de qualidade de 9,08 sendo considerado como um sistema em condições adequadas pelo método desenvolvido pela CETESB. Além disso, a pesquisa realizou um comparativo com alguns aterros sanitários existentes na região metropolitana de Maringá, PR por meio do estudo desenvolvido por Campos e Vargas (2015), que nomearam os espaços como áreas “A”, “B”, “C” e “D”. Na Tabela 4 apresenta-se os resultados obtidos pelos autores.

Área de estudo	Avaliação	Classificação
A	3,76	Inadequado
B	7,38	Adequado
C	9,07	Adequado
D	3,7	Inadequado

Tabela 4 – Classificação dos aterros da região metropolitana de Maringá

Fonte: Adaptado de Campos e Vargas (2015)

Em comparação, o aterro da cidade de Itambé possui uma nota superior, visto

que sua estrutura dispõe de um sistema de drenagem de águas pluviais, realiza a drenagem e tratamento do lixiviado. Apesar deste último ser terceirizado, não se permite a entrada de catadores ou pessoas não autorizadas ao local, além de efetuar a queima dos gases resultantes da decomposição da matéria orgânica. Fatores estes que expõem somas insatisfatórias nos ambientes estudados por Campos e Vargas (2015)

É necessário frisar que o aterro ainda passa por um processo de adequação, e vem buscando atingir a nota máxima pelo método da CETESB, com a instalação de um sistema capaz de tratar o próprio lixiviado no local, mitigando-se assim o deslocamento do percolado.

Relativo à sustentabilidade, a gestão do aterro projeta instalar um galpão de separação de resíduos, objetivando reduzir a quantidade de materiais dispostos no setor de resíduos perigosos, Classe I, além de ampliar o sistema de captação das águas pluviais.

Outro fato que seria valoroso, é a possibilidade da empresa criar campanhas educacionais, demonstrando para a população a importância de um aterro sanitário e sua preeminência sobre outros métodos de descarte, principalmente para habitantes residentes em municípios pequenos, que normalmente retêm de pouco conhecimento sobre o assunto. Além de se apresentar projetos e exemplos que é possível usufruir desses terrenos, após seu período de serventia.

Como exemplo, pode citar-se o Japão que transformou o antigo aterro sanitário da cidade de Osaka em um aeroporto internacional; e Cingapura que preferiu utilizar essas áreas para promover o entrosamento populacional, e até mesmo criou um aterro aberto ao público, nomeado como *Pulau Semakau*, que se tornou atração popular e alvo de estudo da comunidade científica, chegando a receber até 13 mil turistas anualmente (PORTELLA e RIBEIRO, 2014).

4 | CONCLUSÃO

De acordo com o IAP (2017), o estado do Paraná conta, ainda, com a existência de 98 lixões a céu aberto, sendo a região metropolitana de Londrina a mais crítica, abrangendo 26 municípios. Contudo, a quantidade de lixões está diminuindo em decorrência das parcerias entre os órgãos municipais e privados, o que pode ser observado na cidade estudada.

Ainda assim, há aspectos que terão que ser aperfeiçoados na área de estudo, como o acesso e a capacidade de tratar o lixiviado no próprio local. Apesar disso, atualmente esses elementos não comprometem a funcionalidade do aterro e nem promovem a degradação do meio ambiente.

Diante do exposto, conclui-se que o aterro da cidade de Itambé possui uma

nota superior a 9,0 pontos, sendo enquadrado como em Condições Adequadas (A), segundo a metodologia da CETESB. Pela análise dos dados levantados, pode-se apontar como ponto chave deste desempenho a preocupação da administração no atendimento das especificações do Instituto Ambiental do Paraná – IAP e na implantação de técnicas sustentáveis, como o aproveitamento das águas pluviais e a instalação de um galpão que vise o cumprimento da logística reversa proposto pela PNRS. Assim, o aterro estudado pode servir como base de estudo para outros municípios que buscam se adequar às leis.

REFERÊNCIAS

ALBERTIN, R. M. E. et al. **Avaliação e Diagnóstico do Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Cianorte-PR**, 2010. Disponível em: <http://pluris2010.civil>. Acesso em: 22 agos.2018.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

CAMPOS, E. R.; VARGAS, H. Aplicação do índice de qualidade de aterros de resíduos (IQR) no sistema de disposição final da região metropolitana de Maringá. **Anais – Encontro Internacional de Produção Científica Unicesumar**. Disponível em: http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2015/anais/erik_rodrigues_de_campos.pdf. Acesso em: 02. Set. 2018.

COMPANHIA TÉCNICA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Procedimentos para Implantação de Aterro Sanitário em Valas**. S.P: CETESB, 2006. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br>>. Acesso em: 22 agos.2018.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ – IAP. **Relatório da situação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no estado do Paraná**. Disponível em: < http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Diagnostico_Disposicao_Final_de_RSU_2017.pdf>. Acesso em: 17 set.2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **PAS - Pesquisa Anual de Serviços, 2017**. Disponível na internet via: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/maringa/panorama>>. Data de acesso: 15.set.2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Dados município de Itambé – PR**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 22. Agos.2018.

OBLADEN, N. L.; OBLADEN, N. T. R.; BARROS, K. R. **Guia para elaboração de projetos de aterros sanitários para resíduos sólidos urbanos**. Série de publicações temáticas do CREA-PR, vol.3, n.4 2009.

PORTELLA, O, M. RIBEIRO, J, J, C. Aterros sanitários: aspectos gerais e destino final dos resíduos. **Direito Ambiental e Sociedade**, vol.4, n.1, 2014.

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO USO DE RESÍDUO DE BORRACHA DE PNEU, COM TRATAMENTO SUPERFICIAL, EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

Data de aceite: 06/01/2020

Data de submissão: 14/10/2019

Jhonatan Smitt Picoli

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Maringá – UEM, Umuarama – PR.

<http://lattes.cnpq.br/6778352250250114>

Rafael Verissimo

Engenheiro Ambiental, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Umuarama – PR.

<http://lattes.cnpq.br/4475207294665450>

Diana Janice Padilha

Engenheira Ambiental, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Umuarama – PR

<http://lattes.cnpq.br/7847075774617138>

RESUMO: A possibilidade de reutilização de borracha moída proveniente de pneus usados como adição em pasta de cimento se mostra como uma alternativa tanto no gerenciamento deste tipo de resíduo, quanto na redução no uso de recursos naturais, sendo apontada como uma solução ambientalmente adequada. Visto isso, o presente trabalho propôs a substituição de areia por borracha moída na fabricação de pasta de cimento, a fim de avaliar as características do cimento após tal substituição. Foram confeccionados corpos de prova de argamassa com traço 1:2:9, baseado no traço para emboço/reboco aplicado em

obra, contendo 5%, 15% e 25% de borracha (granulometria ≤ 10 mesh) em substituição à areia, em volume. As partículas de borracha foram submetidas a tratamento em soluções aquosas de NaOH, visando compatibilizá-las com a matriz de cimento. Para isso, testou-se a melhor concentração da solução química a se utilizar no tratamento da borracha, assim como avaliou-se a melhor proporção de borracha a ser aplicada em substituição à areia, obtendo-se a concentração de NaOH de 10 mols, e a proporção de borracha de aproximadamente 20% em volume. Foram realizados, ainda, ensaios de resistência à tração na flexão, e à compressão. Os corpos de prova com borracha tratada com solução de NaOH não apresentaram melhor desempenho em comparativo à borracha sem tratamento. Entretanto, os resultados apontaram que mesmo na argamassa com 25% de borracha em substituição a areia, não houve queda drástica na resistência, indicando a possibilidade de uso do material reciclado em produtos voltados à engenharia.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo de pneus; Argamassa de revestimento; Tratamento superficial da borracha; Ensaio à tração na flexão; Ensaio à compressão.

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF THE USE OF TIRE RUBBER WASTE ON COATING MORTARS

ABSTRACT: The possibility of reusing ground rubber from tires used as cement slurry is an alternative in the management of this type of waste, as well as in the reduction of the use of natural resources, being pointed as an environmentally appropriate solution. Given this, the present work proposed the replacement of sand by ground rubber in the manufacture of cement paste in order to evaluate the characteristics of cement after such replacement. A 1: 2: 9 trace mortar specimens were made based on the on-site plaster / plaster trace containing 5%, 15% and 25% rubber (≤ 10 mesh size) in lieu of sand, by volume. The rubber particles were subjected to treatment in aqueous NaOH solutions to make them compatible with the cement matrix. For this, the best concentration of the chemical solution to be used in the treatment of the rubber was tested, as well as the best proportion of rubber to be applied in substitution to the sand was evaluated, obtaining the NaOH concentration of 10 moles, and the rubber ratio of approximately 20% by volume. Tests of tensile strength in flexion and compression were also performed. Specimens with rubber treated with NaOH solution did not perform better compared to rubber without treatment. However, the results showed that even in 25% rubber mortar replacing sand, there was no drastic drop in resistance, indicating the possibility of using recycled material in engineering products.

KEYWORDS: Tire waste; Coating mortar; Surface treatment of rubber; Flexural tensile test; Compression test.

1 | INTRODUÇÃO

A utilização de materiais reciclados é consequência de crescentes preocupações com o meio ambiente e com a necessidade da redução no consumo de recursos naturais.

Conforme CREA-ES (2008), a construção civil é responsável por consumir cerca de 30% dos recursos naturais extraídos, o que equivale a 220 milhões de toneladas de agregados naturais por ano, os quais serão utilizados na produção de concretos e argamassas, levando à exaustão as reservas naturais em diversos locais.

A necessidade que se tem atualmente de encontrar alternativas para a reciclagem de resíduos gerados pela indústria está cada vez mais visível. Assim, diversos estudos estão sendo realizados neste ramo, principalmente no campo da engenharia civil, área que vem sendo ao longo do tempo uma grande auxiliadora no reaproveitamento, ao apresentar soluções que minimizam a degradação ambiental e o custo final de seus produtos.

O aproveitamento de resíduos na composição de novos materiais é uma tendência mundial em crescimento em diversos setores, podendo trazer melhorias técnicas e operacionais, bem como permitir a redução de custos. Esta é uma prática cada vez mais utilizada em países desenvolvidos e começa a ser implantada no Brasil, onde um dos processos praticados é a utilização de produtos provenientes da

reciclagem de pneus usados e descartados.

Segundo Machado (2013), a cada 40 mil km rodados, em média, um veículo precisa trocar seus 4 pneus. De acordo com o Departamento Nacional de Trânsito Brasileiro (DENATRAN, 2016), em dezembro de 2013 o Brasil contava com uma frota de aproximadamente 81,5 milhões de veículos. Considerando que um veículo rode por ano em média 20 mil km, a cada dois anos todos esses veículos precisarão trocar seus 4 pneus (2 pneus por ano) e, com isso, resulta-se numa produção anual de mais de 160 milhões de pneus velhos, número este que tende a aumentar (MACHADO, 2013).

Quanto ao problema do destino final de resíduos, a Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), define em seu Art.33 que, independentemente do sistema de serviço de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, todo aquele que fabrica, importa, distribui e/ou comercializa pneus é obrigado a estruturar e implementar um sistema de logística reversa, que irá promover o retorno do produto à sua cooperativa após seu uso.

Complementando, o governo brasileiro publicou, no Diário Oficial de 02 de dezembro de 1999, a Resolução nº 258, de 26 de agosto de 1999, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 1999), que trata da destinação final, de forma ambientalmente adequada e segura, dos pneumáticos inservíveis, dispendo sobre, entre outras coisas, a reciclagem e os prazos de coleta.

Sobre a disposição de pneus inservíveis ao consumo, o descarte inadequado pode acarretar vários problemas ambientais, tais como o assoreamento de rios e lagos, o risco de incêndio e a proliferação de insetos. Quando sujeito ao acúmulo de água, este tipo de resíduo pode contribuir para proliferação de mosquitos transmissores de dengue, febre amarela, zika vírus, chikungunya, dentre outras doenças (ALMEIDA e VILHENA, 2000).

Desde 1º de janeiro de 2002 ficou estabelecido que os fabricantes de pneus comprovem junto ao IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente) a destinação final, de forma ambientalmente adequada, das quantidades de pneus inservíveis, correspondentes às quantidades fabricadas (CONAMA, 1999, art. 7).

As sanções impostas aos que descumprem esta Resolução são previstas no Art. 54 da Lei nº 9.605 (BRASIL, 1998), definida como a Lei de Crimes Ambientais. Percebe-se, apesar dos esforços, que estes resíduos têm sido descartados ainda sem um controle eficiente, mesmo que esta imensa quantidade de fibras de borracha vulcanizada possa ser um material alternativo na construção civil, quando incorporado nas misturas de concreto e argamassas.

Por exemplo, o concreto modificado com borracha é um material que possui características únicas, com potencial para uso em várias aplicações. Os compósitos de cimento apresentam facilidade em absorver resíduos sólidos industriais, de forma

que inúmeros órgãos governamentais e privados passaram a realizar pesquisas na tentativa de utilizar resíduos no concreto, visando a redução de custos e mantendo a qualidade (YUNPING *et al.*, 2004; LINTZ e BARBOSA, 2010).

Desta forma, a reciclagem de pneus inservíveis na forma de agregados para concreto e argamassas torna-se uma solução para a disposição indiscriminada deste material, o qual se apresenta muito eficaz quando submetido a efeitos de impacto, por conta da elasticidade do compósito, podendo trazer outros benefícios como elasticidade, isolamento térmico e acústico, isolamento de compostos corrosivos, leveza, etc. (GOMES FILHO, 2007; TURKI *et al.*, 2009; OIKONOMOU e MAVRIDOU, 2009; MESHGIN *et al.*, 2012; THOMAS e GUPTA, 2016).

Entretanto, um importante fator que deve ser levado em consideração é a resistência do material fabricado com o uso dos resíduos. Em particular, o valor da resistência à compressão é normalmente tido como índice básico para comparativo de concretos e argamassas. Em geral, em se tratando de compósitos cimentícios aderidos de partículas de borracha de pneus, observa-se que a resistência à compressão diminui com o aumento da quantidade de borracha incorporada à argamassa e que, quanto maior for o tamanho das partículas, mais significativa é essa redução. Por outro lado, esse desempenho pode ser melhorado a partir de tratamentos superficiais aplicados ao agregado de borracha (ELDIN e SENOUCCI, 1993; SEGRE e JOEKES, 2000; ALBUQUERQUE *et al.*, 2001; RIBEIRO *et al.*, 2002; MENEGUINI, 2003; TURATSINZE *et al.*, 2005; ALBUQUERQUE *et al.*, 2006; THOMAS e GUPTA, 2016).

Deste modo, o presente trabalho, apoiado nas Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBR's), tem como proposta analisar o comportamento das partículas de borracha de pneu em meio a uma massa cimentícia, a fim de averiguar a viabilidade da aplicação deste tipo de argamassa como revestimento, de modo a apresentar ao setor da construção civil um material versátil com base na reciclagem.

2 | OBJETIVO

Analisar o comportamento de argamassas no estado endurecido de modo a verificar uma possível melhora na resistência de amostras aderidas de compósitos de borracha de pneu que passaram por tratamento superficial através de solução química, de modo a confirmar a viabilidade de uso do material dentro do campo da construção civil, e assim, também, apresentar uma possível solução para o problema ambiental referente ao material não biodegradável.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do presente trabalho, um conjunto de ações metodológicas foi seguido com o intuito de preparação das amostras para os ensaios de resistência mecânica. Os materiais utilizados na produção das misturas de argamassa foram cimento, cal, areia e resíduos de borracha.

O aglomerante utilizado foi o cimento Portland do tipo VOTORAN CP II-Z-32 R, de alta resistência e secagem rápida, além de cal hidratada comum do tipo CH-II. O agregado miúdo empregado foi uma areia de origem fluvial, adquirida no comércio do município de Umuarama-PR.

O resíduo de borracha é proveniente do processo de recapagem de pneus, resíduo este oriundo do sub-processo de raspagem. Após adquirido da indústria, o resíduo foi selecionado em laboratório, do qual foram aproveitadas apenas as partículas passantes na peneira de 2,40 mm.

Por conseguinte, as partículas de borracha selecionadas foram passadas no moinho do tipo MA 048 – *Marconi*, utilizando-se da tela *mesh* 10 (1,7 mm) para proporcionar homogeneidade e maior finura ao agregado.

Baseado no trabalho de Turatsinze *et al.* (2007), optou-se pela substituição de agregado natural por agregado reciclado numa faixa percentual de até 30% em volume. Desse modo, foram moldados quatro lotes de corpos de prova: de referência (0% teor de borracha); 5%, 15% e 25% de borracha em substituição.

Como traço a ser utilizado para estudo, Canova *et al.* (2007) fizeram uso do traço 1:1,5:9 em volume. Considerando que o traço estudado por estes autores é semelhante ao traço utilizado convencionalmente em obra para emboço e/ou reboco, traço 1:2:9 em volume, segundo Guimarães *et al.* (2004), decidiu-se confeccionar as amostras com o traço convencional de obra.

Entretanto, para substituir o agregado natural por reciclado a relação proposta pela Figura 2 precisou ser considerada, de modo que o percentual de areia a ser retirada foi tratado em massa e o percentual de borracha a substituir a areia foi tratado em volume, de modo a não se interferir no volume global da mistura.

A Figura 1 esboça a relação entre as massas específicas de cada agregado e seus volumes com base na equação linear que representa cada material.

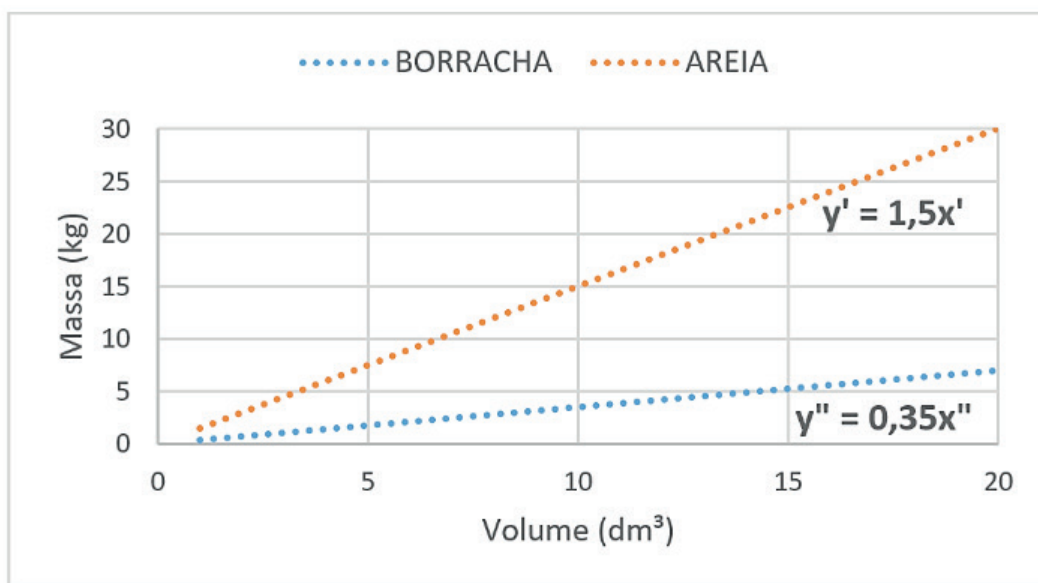


Figura 1 – Relação massa versus volume dos agregados.

Tomando como base a volumetria de 1 corpo de prova prismático, que equivale à $0,256 \text{ dm}^3$, determinou-se a quantidade de cada material em massa, para se moldar 12 corpos de prova para cada lote de amostragem: referencial (0%), 5%, 15% e 25% de substituição da areia pela borracha de pneu. A Tabela 1 informa a quantidade de cada material de acordo com o traço utilizado.

		<i>Cimento</i>	<i>Cal</i>	<i>Agregado Miúdo</i>	
<i>Traço</i>		1	2	9	
<i>em volume [un]</i>		1,5	3	13,5	
<i>em massa [kg]</i>		0,360	0,525	5,184	
<i>% em substituição</i>	5%	0,360	0,525	0,060	4,925
	15%	0,360	0,525	0,181	4,406
	25%	0,360	0,525	0,302	3,888
				<i>Borracha</i>	<i>Areia</i>

Tabela 1 – Traço da argamassa

O preparo das argamassas seguiu os procedimentos descritor na NBR 13276 (ABNT, 2002) para argamassa à base de cimento e cal hidratada, submetendo-se a cal hidratada a um intervalo de maturação de 24h.

Os corpos de prova foram moldados e rompidos de acordo com a NBR 13279 (ABNT, 2005). Os moldes para elaboração das amostras com tamanho de $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ foram adaptados/confeccionados com madeira compensada naval de 20 mm, revestidos por laminado melamínico de alto brilho (fórmica).

Os corpos de prova foram rompidos em prensa universal da linha DL – EMIC, utilizando uma célula de carga de 300kN, com 7, 14 e 28 dias após sua moldagem, adaptada a um dispositivo de carga para determinação de resistência à flexão conforme. Posteriormente, cada corpo de prova, dividido em duas partes pelo primeiro ensaio, foi submetido ao ensaio de resistência à compressão.

Aferida a carga aplicada pela prensa nos respectivos ensaios, esta foi substituída na fórmula matemática sugerida pela norma NBR 13279 (ABNT, 2005), para determinação da tensão resistente das amostras

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

onde:

R_c é a resistência à compressão, em megapascals (MPa);

F_c é a carga máxima aplicada, em newtons (N).

Com relação ao tratamento superficial do agregado de borracha, Meneguini (2003), baseando-se no Lange's Handbook of Chemistry (DEAN, 1979), utilizou uma solução saturada de 109 g NaOH/100 g H₂O à 20°C, solução aproximadamente equivalente à 27 mols de NaOH.

Considerando que a massa molar do hidróxido de sódio (NaOH) é de 40 g/mol, testes foram realizados utilizando soluções a 10 mols e a 30 mols de NaOH aplicados às partículas de borracha de pneu, onde estas, por conseguinte, foram adicionadas a argamassas preparadas e moldadas para teste de resistência à compressão segundo NBR 7215 (ABNT, 1996).

Para análise da melhor concentração de solução a ser aplicada ao agregado de borracha, lotes de 5 corpos de prova cilíndricos de tamanho 5 x 10 cm foram moldados nas proporções 0%, 5% e 10% em massa, de agregado de borracha em substituição a areia, com e sem tratamento superficial, para serem rompidos depois de 7 dias a partir de sua moldagem. Isto utilizando-se do tratamento a 10 mols e a 30 mols de hidróxido de sódio.

O processo de tratamento do agregado de borracha consistiu em imergir a quantidade de resíduo a ser utilizado para moldagem das amostras em solução de hidróxido de sódio e agitar continuamente por aproximadamente 2 horas. Em seguida, foi realizada a lavagem do agregado com água destilada exaustivamente, até que não houvesse nenhum resíduo visível de NaOH, a fim de se eliminar todo o composto químico aplicado. Por fim, foi removido o excesso de água e as amostras foram levadas para secar em estufa à 70°C.

O hidróxido de sódio a ser utilizado foi do tipo comercial em escamas 96/98% de pureza. Para promover a agitação da mistura, construiu-se um agitador composto

por misturador de tintas acoplado à furadeira com regulagem de velocidade, fixada em uma base metálica.

A furadeira do tipo WS3145 – *Wesco*, de 750 watts, foi regulada em rotação mínima, e para controle do acionamento desta, anexou-se um interruptor.

Mesmo o resíduo que não foi submetido ao tratamento superficial passou por lavagem em água destilada, sendo levado ao agitador em água destilada por 30 minutos. Por conseguinte, também removeu o excesso de água e estes foram levados para secar em estufa à 70°C.

4 | RESULTADOS

4.1 Tratamento Superficial

O Gráfico da Figura 2 que demonstra as médias aritméticas da resistência das amostras, baseado na NBR 7215 (ABNT, 1996), retrata que as partículas de borracha tratadas em solução à 10 mols de NaOH tiveram um melhor desempenho em absorver tensões devido a compressão axial. Assim, tal tratamento foi o selecionado para o presente trabalho.

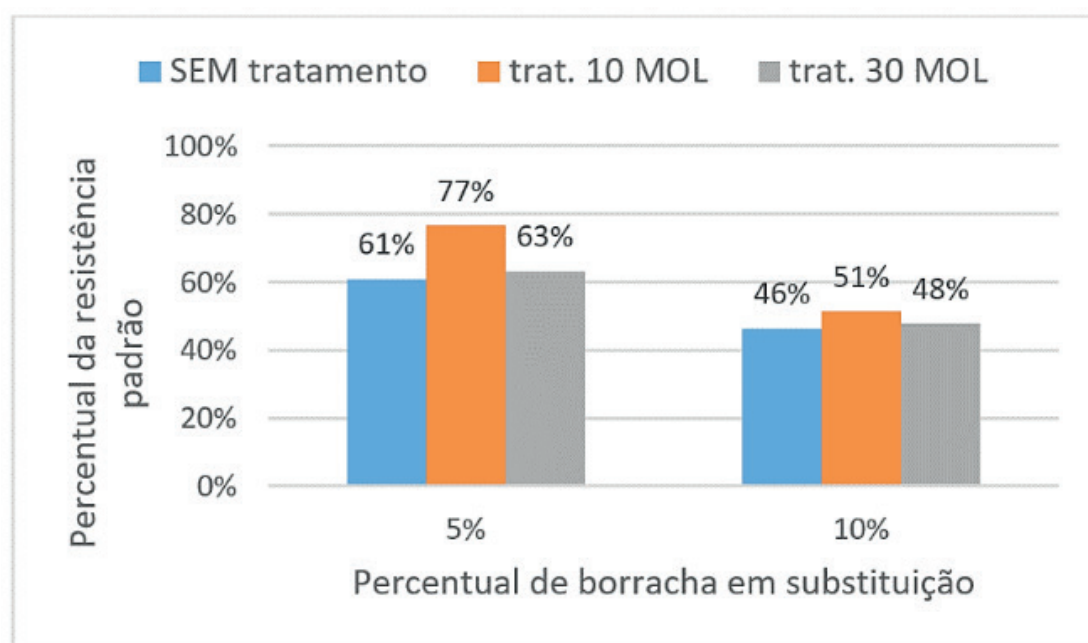


Figura 2 – Porcentagem da resistência padrão devido à compressão aos 7 dias.

4.2 Resistência Mecânica

Com base nos cálculos referente a resistência à compressão, foram elaborados os gráficos apresentados nas Figuras 3 e 4, que relacionam a resistência do material em função do percentual de agregado de borracha de pneu em substituição, no decorrer do tempo.

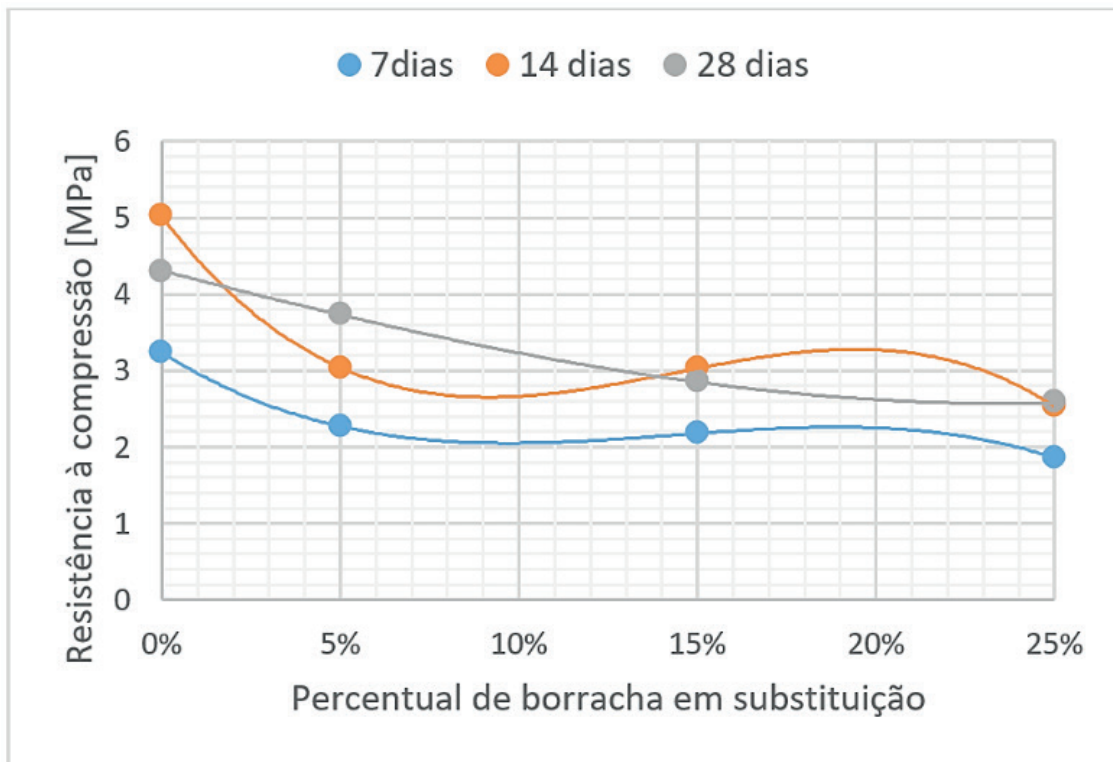


Figura 3 – Resistência à compressão no decorrer do tempo, borracha sem tratamento.

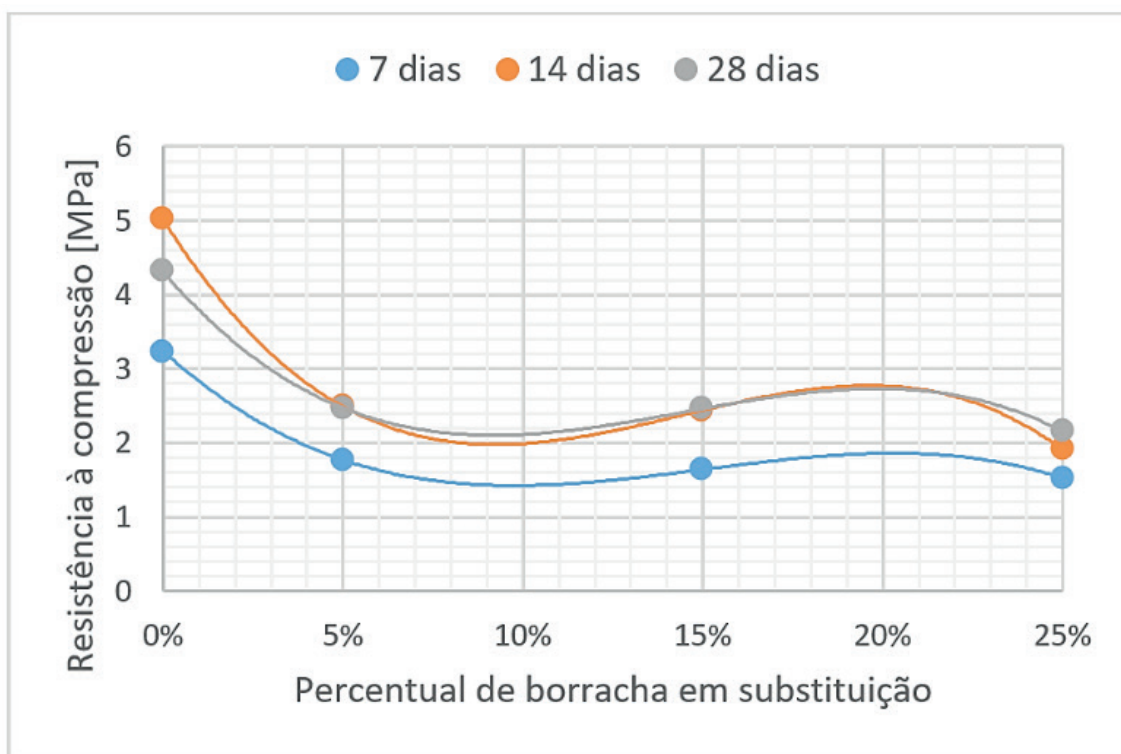


Figura 4 – Resistência à compressão no decorrer do tempo, borracha com tratamento.

4.3 Análise dos resultados

Nota-se, ao se comparar as Figuras 3 e 4, que o tratamento superficial aplicado ao agregado de borracha não surtiu efeito de modo a melhorar a argamassa, fato também comprovado na Figura 5, a qual mostra o percentual de resistência, da média aritmética das amostras, comparado ao traço referencial (padrão – 100%),

sem borracha.

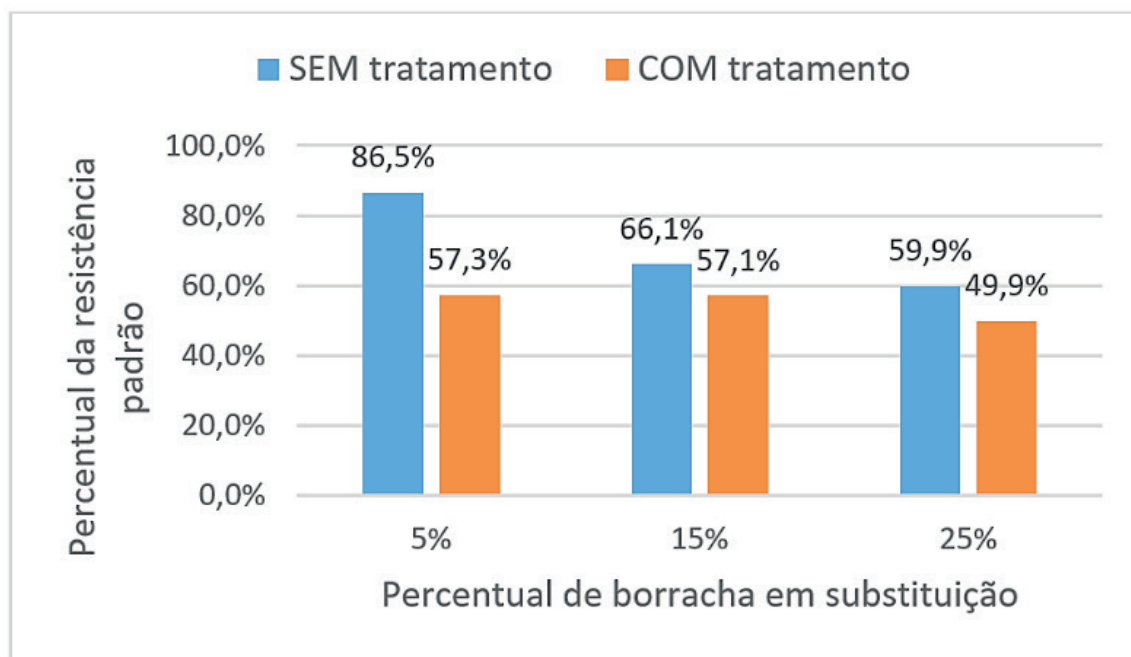


Figura 5 – Porcentagem da resistência padrão devido à compressão aos 28 dias.

Por outro lado, verifica-se nas Figuras 8 e 9, ao se traçar uma linha de tendência baseada numa equação polinomial de terceiro grau, que a possibilidade de haver um ponto ótimo no percentual de substituição do volume de areia por partículas de borracha ocorre numa proporção em torno de 20%.

5 | CONCLUSÕES

Quando analisada a melhor concentração de solução de NaOH a ser utilizado no tratamento superficial do agregado de borracha, o teste utilizando moldes cilíndricos constatou uma melhora na ordem de 26% na resistência da argamassa que continha o agregado submetido ao tratamento, testado à compressão. Entretanto, os lotes de corpos de prova prismáticos apresentaram uma queda na resistência à compressão de aproximadamente 23%, fato que pode estar relacionado ao traço, ou até mesmo o tipo de aglomerante que foi utilizado em cada caso.

Para melhor compreender este fato seria necessária uma análise microscópica do material de modo a averiguar de que modo está havendo o arranjo entre a matriz cimentícia e o agregado de borracha. Entretanto, tais resultados demonstram a possibilidade do tratamento superficial com hidróxido de sódio comercial ser uma possível alternativa para melhorar a hidrofiliabilidade da matriz cimentícia para com o agregado.

Analisando a tendência nos resultados referentes à compressão comparando os vários percentuais do agregado de borracha em substituição à areia, independente

do tratamento recebido pelas partículas de borracha, verificou-se a possibilidade de haver um ponto ótimo na substituição dos agregados numa proporção de 20% do volume.

Comparando o lote de argamassa de referência com os lotes que possuíam o agregado de borracha sem tratamento, ambos se mantiveram na mesma classe P3, segundo NBR 13281 (ABNT, 2005), o que evidencia a possibilidade de se utilizar argamassas com até 25% do volume de substituição dos agregados sem que haja uma queda drástica na resistência à compressão do material.

É importante salientar que as Normas Brasileiras não apresentam valores de referência de acordo com as funções de cada argamassa, o que dificulta julgamentos quanto à adequação dessas argamassas aos usos que se propõem a desempenhar e comparações entre elas próprias. Desse modo, apesar da classificação das argamassas segundo os ensaios de tração na flexão, e à compressão, pouco se pode dizer sobre a aplicação dessas argamassas como revestimento. Logo, outros ensaios e/ou estudos mais direcionados, como por exemplo, ensaios de aderência, são necessários para definir a viabilidade ou não da aplicabilidade dessas argamassas.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A et al. **Concreto com borracha de pneu: uma revisão bibliográfica**. Anais do 43º Congresso Brasileiro do Concreto. IBRACON, Foz de Iguaçu, 2001.

ALBUQUERQUE, A. C. et al. **Adição de Borracha de Pneu ao Concreto Convencional e Compactado com Rolo**. In: ANAIS DO ENTAC. 2006.

ALMEIDA, M. L. O; VILHENA, A. **Lixo municipal: Manual de gerenciamento integrado**. 2 ed, p.193. São Paulo: IPT/CEMPRE Ltda, 2000.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, **Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão** - NBR 7215, Rio de Janeiro (1996).

_____. NBR 13276. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos** – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro (2002).

_____. NBR 13279. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão**. Rio de Janeiro (2005).

_____. NBR 13281. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos**. Rio de Janeiro (2005).

BRASIL. Lei 9.605, de 13 de fevereiro de 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e da outras providências**. Disponível em: < http://www.redejucara.org.br/legislacao/lei_9605_1998.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2016.

BRASIL. Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

CANOVA, J. A.; BERGAMASCO, R.; ANGELIS NETO, G. **A utilização de resíduos de pneus inservíveis em argamassa de revestimento**. v. 29, n. 2, p. 141-149, Maringá, 2007. Disponível em: <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/download/583/364>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

CONAMA, Resolução nº 258, de 26 de agosto de 1999. Publicada no DOU nº 230, de 2 de dezembro de 1999. **Gestão de Resíduos e Produtos Perigosos**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1999_258.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2016.

CREA-ES (Concelho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Espírito Santo). **Construção sustentável, uma questão de cultura, maturidade e compromisso. Construção Sustentável: O desafio. Foco na preservação do planeta**. n. 45, p. 19, set-out. 2008. Disponível em: <http://www.creaes.org.br/creaes/portals/0/documentos/topicos/topicos_44_final.pdf>. Acesso em: 04 out. 2016.

DEAN, J. A. **LANGE' S Handbook Of Chemistry**. Mc Graw- Hill, ed. 15, NY, 1979. Disponível em: <<http://fptl.ru/biblioteka/spravo4niki/dean.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2016.

DENATRAN, Ministério das Cidades - Departamento Nacional de Trânsito, RENAVAL - **Registro Nacional de Veículos Automotores. Frota de veículos, por tipo e com placa, segundo as Grandes Regiões e Unidades da Federação - DEZ/2013**. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/249-frota-2013>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

ELDIN, N. N.; SENOUCI, A. B. **Rubber – tire particles as concrete aggregate**. Journal of Materials in Civil Engineering, 1993. p. 478-496. Disponível em: <[http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(1993\)5%3A4\(478\)](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0899-1561(1993)5%3A4(478))>. Acesso em: 05 abr. 2016.

GOMES FILHO, C. V. **Levantamento do potencial de resíduos de borracha no brasil e avaliação de sua utilização na indústria da construção civil**. Curitiba, 2007. Disponível em: <<https://sistemas.institutoslactec.org.br/mestrado/dissertacoes/arquivos/CarlosVicente.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

GUIMARÃES, J. E. P.; GOMES, R. D.; SEABRA, M. A. **Guia das argamassas nas construções. Construindo para sempre com Cal Hidratada**. 8 ed, 2004. Disponível em: <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2013/06/guia-das-argamassas-nas-construc3a7c3b5esabpc2007.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2016.

LINTZ, R. C. C.; BARBOSA, L. A. G. **Avaliação do comportamento de concreto contendo borracha de pneus inservíveis para utilização em pisos intertravados**. São Paulo, 2010. Disponível em: <[http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n37/Artigo%20%20\(pag17-26\).pdf](http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n37/Artigo%20%20(pag17-26).pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2016.

MACHADO, G. B. **Reciclagem de pneus**. Portal Resíduos Sólidos. Editora: EnviTeSB Ltda, 12 mai. 2013. Disponível em: <<http://www.portalresiduossolidos.com/reciclagem-de-pneus/>>. Acesso em: 04 out. 2016.

MENEGUINI, E. C. A. **Comportamento de argamassas com emprego de pó de borracha**. 85 f. Dissertação de Mestrado na área de concentração de Edificações – Programa de Pós-Graduação, Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, fev. 2003. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000295780>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

MESHGIN, P.; YUNPING XI; YUE LI. **Utilization of phase change materials and rubber particles to improve thermal and mechanical properties of mortar Construction and Building Materials**, 2012. p. 713–721. Editora: Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061811005885>>. Acesso em: 18 mai. 2016.

OIKONOMOU, N.; MAVRIDOU, S. **Improvement of chloride ion penetration resistance in cement**

mortars modified with rubber from worn automobile tires. Cement & Concrete Composites, 2009. p. 403–407. Editora: Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946509000602>>. Acesso em: 18 mai. 2016.

RIBEIRO, F; ROLORINO, H; FERNANDES, S. **Análise da influência de pneu na deformabilidade do concreto**. Anais do 44º Congresso Brasileiro do Concreto. Belo Horizonte, ago. 2002.

SEGRE, N.; JOEKES, I. **Use of tire rubber particles as addition to cement paste. Cement and Concrete Research**, 2000, v. 30, p.1421-1425. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884600003732>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

THOMAS, B.S.; GUPTA, R.C. **A comprehensive review on the applications of waste tire rubber in cement concrete. Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2016. p. 1323–1333. Editora: Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115011715?np=y>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

TURATSINZE, A.; BONNET, S.; GRANJU, J.L. **Mechanical characterisation of cement-based mortar incorporating rubber aggregates from recycled worn tyres. Building and Environment**, 2005. p. 221–226. Editora: Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132304001854>>. Acesso em: 18 mai. 2016.

TURATSINZE, A.; BONNET, S.; GRANJU, J.L. **Potential of rubber aggregates to modify properties of cement based-mortars: Improvement in cracking shrinkage resistance. Construction and Building Materials**, 2007. p. 176–181. Editora: Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006180500190X>>. Acesso em: 18 mai. 2016.

TURKI, M. et al. **Microstructure, physical and mechanical properties of mortar–rubber aggregates mixtures. Construction and Building Materials**, 2009. p. 2715–2722. Editora: Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006180800370X>>. Acesso em: 18 mai. 2016.

YUNPING, XI.; YUE, LI.; ZHAOHUI, XI.; JAE, S. LEE. **Utilization of solid wastes (waste glass and rubber particles) as aggregates in concrete**. International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology, 2004. p. 45-54.

AVALIAÇÃO DO LOCAL DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE GOIANÉSIA-PA COM BASE NO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS (IQR)

Data de aceite: 06/01/2020

Marta Lima Lacerda

Universidade Federal do Pará (UFPA), Tucuruí –
Pará

Adriane Franco da Silva

Universidade Federal do Pará (UFPA), Tucuruí –
Pará

Ágatha Marques Farias

Universidade Federal do Pará (UFPA), Tucuruí –
Pará

Davi Edson Sales e Souza

Universidade Federal do Pará (UFPA), Tucuruí –
Pará

Deyvson Pereira Azevedo

Universidade Federal do Pará (UFPA), Tucuruí –
Pará

Quetulem de Oliveira Alves

Universidade Federal do Pará (UFPA), Tucuruí –
Pará

Tiele Costa Santos

Universidade Federal do Pará (UFPA), Tucuruí –
Pará

RESUMO: O crescimento populacional assim como o aumento da demanda de consumo e a geração de resíduos sólidos tem se tornado um sério problema nos dias atuais. Devido ao mau descarte desses resíduos que ocasiona transtornos ambientais, sociais e sanitários, o presente trabalho tem como objetivo o

levantamento e avaliação da área de descarte de resíduos sólidos, do município de Goianésia do Pará- Pará localizado no sudeste do Pará, a 292 quilômetros de Belém (Capital), utilizando o Índice de qualidade de Resíduo - IQR método sugerido pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), esse índice objetiva a avaliação de áreas que são usadas para a disposição final de resíduos, em duas condições: adequados e inadequados. Em visita in loco ao município aplicou-se o formulário IQR/CETESB, para diagnosticar as principais características do local, a infraestrutura implantada e as condições de operação. O preenchimento do formulário permitiu alcançar um IQR de 1,25, mostrando que as condições da área são inadequadas para destinação final dos resíduos sólidos. O que exprimi a falta de prevenção ou minimização dos impactos ambientais gerados. **PALAVRAS-CHAVE:** IQR; Gerenciamento de Resíduos sólidos; disposição final..

THE PLACE'S EVALUATION OF FINAL DISPOSAL WASTE URBAN OF THE GOIANÉSIA – PA, ACCORDING TO INDEX OF WASTE LANDFILLS QUALITY (IQR)

ABSTRACT: The growth of the population such as the growth of the demand by consume and solid waste production has become a serious problem in these times. Due to the wrong

solid waste disposal, which causes environmental, social and health disorders, this article aims to data survey and evaluation of the solid waste disposal area of the town Goianésia of Pará – southeast of Pará, 181 miles from Belém (capital), using the Index of Quality of Residues – IQR, method suggested by the “Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB” (São Paulo State Environmental Company), this index aims to evaluate areas that are used for final waste disposal, int two terms: adequate and inadequate. On visit *in loco* to the town the IQR / CETESB form was applied to diagnose the main characteristics of the place, the implanted infrastructure and the operating conditions. The form’s data allowed to reach an IQR of 1.25, showing that those conditions in the area are inadequate for final disposal of solid waste.

KEYWORDS: IQR; Solid Waste Management; final disposal.

1 | INTRODUÇÃO

O crescimento populacional das sociedades, associado ao processo de urbanização nos municípios brasileiros, tem provocado diversos problemas relacionados à destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) (LIMA et al., 2017).

Mesmo com a aprovação do decreto da Lei Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduo Sólido (PNRS), ainda existe de forma comum, em cidades de pequeno e médio porte, a presença de "lixões" e aterros controlados como única forma de descarte de resíduos (BRASIL, 2010).

A disposição final de RSU nessas áreas traz consequências gravíssimas ao meio ambiente. Segundo Galdino et al. (2015), a disposição final de resíduos sólidos em lixões, vazadouros ou a céu aberto é considerado uma técnica inadequada de descarga sobre o solo, sem medida de proteção ao meio ambiente, a saúde e a segurança.

Neste sentido, algumas medidas têm sido executadas para auxiliar os municípios que padecem com essa problemática, a exemplo da metodologia criada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), que calcula o Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos- IQR, oficializada a partir de 2012 e que agregou novos critérios de pontuação e classificação dos locais de destinação de resíduo, tais como a análise de vida útil do terreno e a ocorrência de restrições legais ao uso do solo (CETESB, 2016).

Neste contexto, este trabalho realizou levantamento de dados e a avaliação da área de descarte dos resíduos sólidos urbanos do município de Goianésia do Pará, sudeste do Pará, utilizando a ferramenta IQR desenvolvida pela CETESB, para apontar se a área de disposição final de RSU está adequada aos padrões estabelecidos pela legislação vigente.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

O interesse em manter os resíduos sólidos longe dos aglomerados humanos partiu da necessidade de se proteger da manifestação de doenças e de manter o ambiente esteticamente agradável. No Brasil a Constituição Federal de 1988 estabeleceu que o gerenciamento dos serviços públicos de limpeza urbana, de interesse local, é de competência municipal.

Nessa perspectiva a NBR 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004) define resíduos sólidos como:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT, 2004).

A NBR 10.004 estabelece ainda a classificação dos resíduos, a qual deve desenvolver-se com base em cinco critérios de periculosidade:

- Inflamabilidade;
- Corrosividade;
- Reatividade;
- Toxicidade;
- Patogenicidade: excluídos os resíduos sólidos domiciliares e aqueles gerados em estações de tratamento de esgotos sanitários.

A Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispõe entre outros, sobre as responsabilidades dos geradores e do poder público:

❖ A responsabilidade de assegurar o cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos fica atribuída ao poder público, o setor empresarial e a coletividade além das demais determinações instituídas nesta Lei e em seu regulamento.

❖ O encarregado dos serviços públicos de limpeza urbana e de gestão de resíduos sólidos é responsável pela prestação e organização sendo ela direta ou indireta dos serviços prestados.

❖ A contratação de serviços ligados à logística dos resíduos sólidos não desobriga ou livra as pessoas físicas ou jurídicas dos compromissos por possíveis danos que vierem a ser provocados pelo mau gerenciamento dos respectivos resíduos ou rejeitos.

Nessa perspectiva, sob a égide de melhores condições de vida e redução dos impactos ambientais, o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos torna-

se precursor de medidas estruturantes que envolvem desde a geração até sua disposição final.

Para LEME (1982), os resíduos sólidos exigem um sistema de controle desde a geração, acondicionamento na fonte, coleta, transformação, processamento, recuperação e disposição final.

A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), define gerenciamento de resíduos sólidos como sendo:

Conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Conforme dados da (ABRELPE, 2013), a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil em 2013 teve crescimento de 4,1% significando um aumento de 76.387.200 toneladas. Nesse mesmo período a taxa de crescimento populacional no país foi de 3,7%.

A comparação entre a quantidade de RSU gerada e a coletada em 2013, mostrou que diariamente mais de 20.000 toneladas deixaram de ser coletadas no país e, por consequência, tiveram destino impróprio.

Segundo a PNRS entende-se por disposição final ambientalmente adequada: “a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos” (BRASIL, 2010).

As principais disposições finais encontradas para os resíduos sólidos são lixão ou vazadouro, aterro controlado e aterro sanitário. O Plano Nacional de Resíduos Sólidos define lixão como sendo uma forma inadequada de disposição final de resíduos e rejeitos, que consiste na descarga do material no solo sem qualquer técnica ou medida de controle (BRASIL, 2012b).

Para D'almeida (2002) aterro controlado caracteriza-se pela disposição dos resíduos em local controlado. Estes recebem uma cobertura de solo ao final de cada jornada. Os aterros controlados geralmente não possuem impermeabilização de base, e sistemas de captação de líquidos percolados ou gases, assim caracterizando em uma forma de disposição inadequada.

Segundo a NBR 8.419 (ABNT, 1992):

O aterro sanitário caracteriza-se por uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem gerar danos à saúde pública e à sua segurança, reduzindo os impactos ambientais, método este que utiliza os princípios de engenharia (impermeabilização do solo, cercamento, ausência de catadores, sistema de drenagem de gases, águas pluviais e lixiviado) para manter os resíduos e rejeitos na menor área possível e reduzir a volume permissível, cobrindo-o com uma camada

de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

A gestão de resíduos sólidos exige atitudes que venham minimizar os impactos ambientais, econômicos e sociais do crescente volume de resíduos sólidos nas áreas urbanas, gestão essa direcionada por meio de resoluções e normas, como a resolução 237/97 que trata dos procedimentos e critérios para o licenciamento de aterros e a NBR 13896/97 que fixa as condições mínimas para o funcionamento destes locais.

3 | METODOLOGIA

3.1 Descrição da área de estudo

Essa pesquisa foi realizada nas proximidades do município de Goianésia do Pará, localizado a sudeste do Pará, distando 292 quilômetros da capital Belém, às margens da rodovia PA - 150. A população total do município é de 30.436 habitantes, com área territorial de 7.023,941 Km², limítrofe aos municípios Ipixuna do Pará e Paragominas (ao sul), Jacundá e Rondon do Pará (ao norte), Breu Branco (a oeste) e Dom Eliseu (a leste) (Figura 1), de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).



Figura 1: Território de Goianésia do Pará

Fonte: IBGE, 2017

Segundo a Prefeitura Municipal, Goianésia do Pará tem uma área de disposição final dos resíduos sólidos coletados em toda a área urbana, que fica 5,190 quilômetros (km) da sede. Essa área é denominada de aterro sanitário pela administração municipal, localizada a X-708046 (Latitude) e a Y-9570963 (Longitude). O volume de resíduo gerado diariamente pela população do município equivale a 74,42 m²/dia, chegando a aproximadamente 27,16 m²/ano (dados fornecidos em visita *in loco*). A imagem a seguir indica a área de descarte dos resíduos sólidos do município.

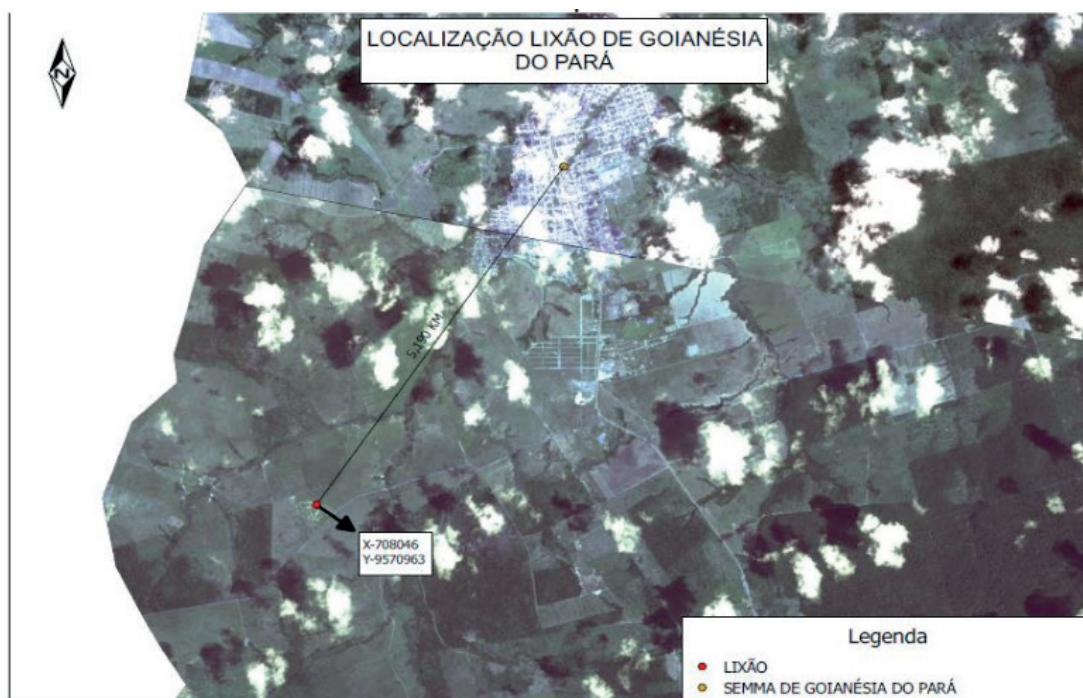


Figura 2: Distância entre o lixão de Goianésia do Pará e a Secretaria de Meio Ambiente do Município.

Fonte: SEMMA, Goianésia do Pará. 2018.

3.2 Coleta de dados e determinação do IQR

Neste sentido, este trabalho propôs a avaliação das condições do aterro sanitário, por meio de metodologia aplicada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2016), que utiliza o Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR) para avaliar as condições gerais do sistema de destinação final de resíduos sólidos.

Para tanto, a pesquisa foi dividida em três momentos.

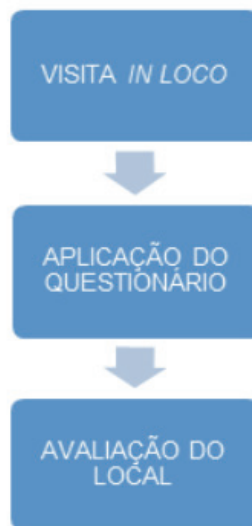


Figura 3: Diagrama dos Momentos.

Fonte: AUTORES, 2018.

O desenvolver da seguinte proposta de estudo se deu com a visita técnica na área de disposição final dos resíduos produzidos no município, com o intuito de reunir informações a serem processadas a partir da aplicação do questionário padronizado (check list), constituído por partes relativas às características locais, estruturais e operacionais, como está indicado no Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos (CETESB, 2016).

O preenchimento do questionário foi realizado no momento da visita ao local, conseqüentemente, possibilitando a coleta de novas informações através de registro fotográfico e pela observação direta do local. Analisando as características da planilha de coleta de dados pode-se observar a adequação dos dados nas três etapas da planilha, que possuem diversos questionamentos e pontuações.

Na primeira etapa, há itens e subitens direcionados à avaliação da estrutura de apoio, dos aspectos operacionais e da estrutura de proteção ambiental, permitindo-se, com isso, uma análise efetiva da conservação do solo e da água. Na segunda etapa, apresentam-se outras informações que são agrupadas por subitens acerca: presença de catadores, queima de resíduos, ocorrência de moscas e de roedores, presença de aves e de animais, assim como, o recebimento de resíduos não autorizados. Na terceira e última etapa, são enquadradas as características das áreas, com subitens sobre: a proximidade de núcleos habitacionais e de corpos d'água, a vida útil do aterro e as restrições legais do uso do solo (LIMA. et al 2017).

Possibilitando, assim, uma inspeção técnica sem eventuais conceitos subjetivos, cada etapa da planilha possui um subtotal, denominados SUB1, SUB2 e SUB3, sendo que a soma dos 3 subtotais atingem um total máximo de 100 pontos. Usando-se a equação que determina o IQR e o enquadramento das instalações de

destinação final é possível determinar as condições de disposição final dos RSU em inadequadas (I), ou adequadas (A). EQ 1: $IQR = (SUB1 + SUB2 + SUB3)/10$ (GALDINO, et al 2015).

Dessa forma, se o resultado estiver entre 0,0 a 7,00, a avaliação é considerada como inadequada, ao passo que, se o resultado for entre 7,1 a 10,00, às condições são adequadas, conforme entendimento adotado pela CETESB (LIMA, P. G. et al 2017).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante das informações coletadas, pode-se averiguar que o município de Goianésia do Pará detém de um lixão (vazadouro a céu aberto) para o descarte dos resíduos gerados pela população. Informações estas cedidas pelo órgão responsável pela gestão dos resíduos e as coletadas em visita *in loco*. A coleta dos resíduos é feita diariamente no centro da cidade, semanalmente nos bairros e quinzenalmente nas comunidades distantes, sistema esse gerenciado pela prefeitura municipal que dispõe de veículos, sendo estes um trator e uma caçamba trucada, e uma equipe de limpeza para o recolhimento de forma convencional e a transportação até o local.

No primeiro momento da avaliação foi observado que os resíduos sólidos coletados são dispostos em área a céu aberto, tendo em início a percepção do descarte de resíduos domésticos, podas e varrição, entulhos e inclusive resíduos recicláveis como: papelão, plástico, vidro e pneus. Observando as condições da área e respectivamente confrontando com a NBR 13896/97, que trata dos critérios para projeto, implantação e operação de aterros não perigosos, foram atribuídas as seguintes notas aos subitens dos itens:

- Estrutura de apoio (SUB 1): Neste item foi percebido que a entrada e toda extensão da área do aterro estava desprotegida, figura 4, sem qualquer sistema que impeça ou controle o acesso à área. A NBR 13896/97 sugere a aterros de resíduos não perigosos a implantação desses sistemas e das sinalizações de perigo junto a portaria e cercados, além da importância do cercamento físico ou mesmo visual que favorece nos aspectos à vizinhança, ventos dominantes e estética, podendo ser cerca viva arbustiva ou arbórea, como mecanismos para manter distantes animais e pessoas não autorizadas. Além do mais, as vias de acesso interno se achavam em condições inadequadas, como mostra a figura 5, com valores 0 (zero) atribuídos a todos estes subitens.

- Frente de trabalho (SUB 1): Observou-se a adequação deste subitem para operação, possuindo dimensões amplas que possibilita a descarga de mais de dois caminhões simultaneamente. Por tanto a pontuação atribuída foi 5 (cinco). Os resíduos ao chegarem são dispostos diretamente no solo sem eventual separação

dos recicláveis. Não é realizada a compactação e nem recobrimento dos resíduos, o que ocorre de fato é a simples disposição dos resíduos e amontoamento ao ar livre, sendo observado que uma pequena parte da área se encontrava apenas com um revolvimento, garantindo assim, pontuação 0 (zero) para estes subitens.

- Taludes e bermas; Superfície superior (SUB 1): Aterros devem possuir estruturas de organização quanto a distribuição ordenada dos resíduos que ali são dispostos, denominadas células, as quais são espaços da área reservados para o descarte dos resíduos, possuem sistemas de drenagem para a coleta e remoção de líquidos percolados. Em seguida, é adicionada a cobertura de terra a ser compactada, garantindo, uma proteção vegetal sobre a última camada. Isso possibilita inclinações, nomeadas de taludes (imagem 6) e dimensões das células. Avaliadas estas condições na área em estudo foi notório suas divergências com o estabelecido na NBR 13896/97 obtendo pontuação 0 (zero) a estes subitens.

- Estrutura de proteção Ambiental (SUB 1): A etapa de estrutura de proteção ambiental tem como abrangência o sistema de impermeabilização do solo, que se dá por meio de disposições de camadas de materiais artificiais ou naturais, que impeça ou reduza substancialmente a infiltração no solo dos líquidos percolados, através da massa de resíduo, a drenagem do chorume que deverá ser instalada imediatamente acima da impermeabilização, dimensionado de forma a evitar a formação de uma lâmina de líquido percolado superior a 30 cm e tratamento do mesmo, drenagem de águas pluviais e drenagem de gases. Em visita ao local de descarte avaliou-se visualmente a inadequação dos subitens do item de estrutura de proteção ambiental (imagem 7a), conforme as definições apresentadas pela NBR13896/97 e em função da inconformidade com a norma, foi atribuída a pontuação de 0 (zero) a todos os subitens.

- Outras informações (SUB 2): Este item tem como objetivo levantar informações sobre a presença de catadores, queima de resíduos, presença de moscas e odores, e estruturas e procedimentos, devido à ausência desses subitens, foi atribuída a pontuação 0 (zero). Assim como o levantamento de informações sobre o recebimento de resíduo não autorizado e a presença de aves e animais, imagens 6 e 7b respectivamente, atribuindo assim a nota 4 (quatro) para estes subitens, para a classe de resíduos industriais foram observadas uma grande quantidade sendo despejada no local sem os devidos procedimentos para o descarte, para esses subitens atribui-se a pontuação de 0 (zero).

- Característica da área (SUB 3): A área observada encontra-se a 5,19 km (dado fornecido pela própria Secretaria municipal de meio ambiente - Semma) da sede do município, bastante afastada de núcleos habitacionais, impedindo assim o transtorno da população com o contato ou proliferação de insetos e odor provocado pelo acúmulo dos resíduos, de acordo com as condições previstas por norma. Este

subitem foi pontuado com 2 (dois). Outra característica observada foi a presença de corpo hídrico superficial próximo ao local, contudo verificou-se que a distância entre ambos está em conformidade com a norma, de aproximadamente 684m (metros), pontuando, assim, este subitem com 2 (dois). Quanto à vida útil do local não há dados, devido à falta de monitoramento do solo.



Figura 4: Entrada do aterro.

Fonte: Autores, 2018.



Figura 5: Acesso à frente de descarga.

Fonte: Autores, 2018



Figura 6: Taludes e a presença de aves

Fonte: Autores, 2018.



Figura 7: a) Acúmulo de chorume.

b) Resíduos não autorizados

Fonte: Autores, 2018.

5 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

O aterro sanitário é o método mais adequado de disposição final dos resíduos sólidos no solo utilizando princípios de engenharia e normas operacionais específicas. O índice de cobertura de aterros sanitários no Brasil é pequeno. Aplicando a metodologia proposta pela CETESB (2016), a partir de uma perspectiva qualitativa e de caráter exploratório foi possível obter um resultado que demonstra as atuais condições das instalações de descarte de RSU de Goianésia do Pará.

Profundidade do Lençol Freático (P) versus Permeabilidade do Solo (K) não pôde ser avaliada, visto que os responsáveis pelo aterro de RSU não possuem nenhum estudo técnico a respeito do solo da área, que indicaria o tipo de solo, a profundidade que se encontra o lençol freático e a capacidade de permeabilidade do mesmo. Com a ausência deste dado, fez-se necessário a retirada do seu peso ao cálculo do IRQ, o subtotal 1 terá sua somatória dos pesos diminuído seis pontos, que representa o peso deste subitem, alterando a pontuação máxima para 104 pontos. Remodelando nossa equação para o cálculo:

$$110 \text{ pontos} \longleftrightarrow 11$$

$$104 \text{ pontos} \longleftrightarrow X$$

$$X = 10,4$$

$$\frac{SBU1 = 5 + SUB2.2 = 4 + SUB3 = 4}{10,4} = 1,25$$

Nesse sentido, O IQR de 1,25 avaliado em Goianésia do Pará classifica a área de descarte de RSU desse município como inadequado, o que revela que a área não atende de forma satisfatória a maioria dos itens do IQR da CETESB, operando em forma de lixão, comprometendo não só o meio ambiente como também a saúde das pessoas. Essa é uma realidade comum na região. Em pesquisa realizada por Santos e Pinheiro (2017), foi aplicado o IQR da CETESB na área de disposição final de resíduos sólidos do município de Tucuruí, distante 86,6 Km de Goianésia do Pará, com resultado de 2,13, classificando essa área como inadequada para descarte de RSU. Por outro lado, a investigação de Alves (2015) mostra que na região sul, os municípios de Campo Mourão e Cianorte no estado do Paraná tiveram, respectivamente, IQR com índice de 7.1 pontos e de 9,2 pontos, sendo classificados em condições adequadas de disposição final de RSU.

Os resultados obtidos nesta pesquisa mostram que o avanço na direção de melhorias na destinação final de resíduos sólidos é dependente diretamente do comprometimento do órgão executivo municipal. Desta forma, fica evidente que esse município não se diferencia de outras cidades da região norte, onde os gestores priorizam apenas a coleta e a limpeza pública, deixando a disposição final em segundo plano. Diferente da região sudeste com o melhor índice do país, com 51,1% dos resíduos destinados de forma adequada, em aterros sanitários. (DIÁRIO DE PETRÓPOLIS, 2018).

6 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O método utilizado pela CETESB mostrou-se satisfatório para identificar a área utilizada pela prefeitura de Goianésia do Pará. O descarte dos resíduos foi classificado como inadequado, com péssimas condições de operação e de infraestrutura para proteção dos componentes ambientais. Diante das reais condições da área de descarte, o valor 1,25 do IQR só ressalta a necessidade de investimentos em gestão de resíduos sólidos nos municípios, desde a coleta até o descarte ambientalmente adequado, infelizmente uma realidade comum na região norte.

Uma dificuldade encontrada e percebida em outros trabalhos foi a insuficiência de dados por parte da instituição municipal responsável pelo gerenciamento de RSU da área. A prática adequada da coleta de dados referentes ao gerenciamento dos RSU permite, aos administradores municipais, novas percepções das prioridades, direcionando os investimentos públicos aos setores com maiores índices de problemáticas.

Uma possível solução para este transtorno vivido por várias cidades do Pará seria o consórcio intermunicipal, um auxílio para cidades de pequeno porte que não possuem recursos financeiros para a implantação de um aterro sanitário.

REFERÊNCIAS

ABNT, NBR. 10004: 2004. **Resíduos sólidos: Classificação. Associação Brasileira de Normas Técnicas**, 2004.

ALVES, João Eduardo Prado. **ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS: um estudo de caso nos municípios de Campo Mourão e Cianorte – Paraná**. 2015. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2013. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2013.pdf>>. Acesso em: 28 out. de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 13.896: **Fixa condições mínimas exigíveis para projetos, implantação e operação de aterros de resíduos sólidos não perigosos**. São Paulo: ABNT; 2002.

Brasil. Lei, decretos, etc. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 27 out. 2017.

BRASIL. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. 2 ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012b. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf>. Acesso em 28 out. 2017.

BRASIL. **Programa Nacional de capacitação de gestores ambientais**: Módulo específico licenciamento ambiental de estações de tratamento de esgoto e aterros sanitários / Ministério do Meio Ambiente. – Brasília: MMA, 2009

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares: Relatório de 2013. Coordenação ASSUMPÇÃO, Maria H. P. L. São Paulo: CETESB, 2014. 118p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/residuos-solidos/residuosSolidos2013.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2017.

D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero et al. **Lixo Municipal**: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT/Cempre, v. 2, 2000.

DIÁRIO DE PETRÓPOLIS, Rio de Janeiro, 30 ago. 2018, Ed.1389. Disponível em: <<http://diariodepetropolis.com.br/integra/sudeste-tem-o-melhor-indice-de-coleta-de-lixo-domiciliar-do-brasil-154815>>. Acesso em: 16 out. 2018.

EIGENHEER, Emílio M. **História do lixo**. A limpeza urbana através dos tempos. Porto Alegre: Pallotti, 2009.

FARIA, Flávia, dos S. **Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Urbanos**. 2002. 312f. Tese (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós – Graduação de Engenharia, Rio de Janeiro, 2002.

FEDERAL, Senado. **Constituição da república federativa do Brasil**. Brasília: Senado, 1988.

GALDINO, Silvana De Jesus; MARTINS, Carlos Humberto; SILVA, Eraldo Schunk. **Avaliação de um aterro controlado de resíduos sólidos urbanos através do método de IQR-valas**. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 11, n. 9, 2015.

IBGE, Brasil em Síntese. Pará. Goianésia do Pará. **Panorama**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/goianesia-do-para/panorama>> Acesso em 27/10/2017.

LEME, Francílio Paes. **Engenharia de Saneamento Ambiental**. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 1982.

LIMA, P. G. et al. **Avaliação de um aterro sanitário por meio do índice de qualidade de resíduos sólidos/evaluation of solid waste in a landfill by means of the quality index**. Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas, v. 11, n. 1, p. 88-106, 2017.

MONTEIRO PENIDO, J.H. de, et al **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos / coordenação técnica Victor Zular Zveibil**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

NARUO, Mauro Kenji. **Estudo do consórcio entre municípios de pequeno porte para disposição final de resíduos sólidos urbanos utilizando sistema de informações geográfica**. 2003. 287f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

PINTO, Rennêr Ribeiro, *et al.* **Avaliação dos Indicadores do Aterro controlado do Município de Alagoa Grande – PB e seus impactos Ambientais**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 3, n. 4, p.69-77, 2016.

SANTOS, Lessandra Amaral dos; PINHEIRO, Nélia Paula Leão. **Avaliação da área de disposição final de resíduos sólidos urbanos de tucuruí - pa com base no índice de qualidade de aterro de resíduos (IQR) – Tucuruí 2017**. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Saneamento Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA SUDESTE, 2017.

SOUZA, C. M. **Recuperação de Áreas Degradadas em Aterros Sanitários**, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas, Monografia Curso de Engenharia Florestal. Seropédica, RJ, p. 40, 2007.

AVALIAÇÃO DOS CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS PARA A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS ARRANJOS TERRITORIAIS ÓTIMOS EM MINAS GERAIS

Data de aceite: 06/01/2020

Luciana Alves Rodrigues Macedo

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.
Belo Horizonte - Minas Gerais

Liséte Celina Lange

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.
Belo Horizonte - Minas Gerais

RESUMO: No Brasil, os modelos de gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) adotados pelos municípios, principalmente os de pequeno porte, com sua atuação de forma individualizada, têm apresentado dificuldades para promover o adequado gerenciamento dos resíduos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305 de 2010, incentiva a adoção de consórcios ou de outras formas de cooperação entre os entes federados para a gestão dos resíduos sólidos visando à elevação das escalas de aproveitamento e à redução dos custos envolvidos. O presente trabalho objetivou identificar os consórcios intermunicipais operantes no Estado de Minas Gerais para a gestão dos RSU, avaliando-os em

relação à configuração dos municípios proposta nos Arranjos Territoriais Ótimos (ATOs) do Plano Preliminar de Regionalização do Estado. Os consórcios foram analisados com base em critérios geográficos, socioeconômicos, logístico e de gerenciamento dos RSU. Os resultados indicaram que o percentual de municípios que participam de consórcios operantes no Estado ainda é pouco expressivo (7%), sendo a sua maioria, 83,6%, de pequeno porte com população inferior a 20.000 habitantes. Os consórcios têm utilizado, de forma compartilhada, as Usinas de Triagem e Compostagem e aterros sanitários para tratamento e disposição final dos resíduos, contudo disposições inadequadas em aterros controlados e lixões ainda estão presentes em alguns dos municípios consorciados. As divergências encontradas entre a configuração regional dos municípios consorciados e a dos ATOs indicam a necessidade de estudos sobre os fatores envolvidos no planejamento da constituição dos consórcios intermunicipais bem como nos critérios determinantes para a formação dos arranjos territoriais.

PALAVRAS-CHAVE: resíduos sólidos urbanos, consórcios intermunicipais, arranjos territoriais, regionalização

EVALUATION OF INTERMUNICIPAL CONSORTIA FOR THE MANAGEMENT OF URBAN SOLID WASTE IN OPTIMAL TERRITORIAL ARRANGEMENTS IN MINAS GERAIS

ABSTRACT: In Brazil, the urban solid waste (USW) management models adopted by the municipalities, especially the small ones, acting individually, have presented difficulties to promote proper waste management. The National Policy on Solid Waste, Law 12.305 of 2010, encourages the adoption of consortia or other forms of cooperation among federated entities for the management of solid waste aiming at raising the utilization scales and reducing the costs involved. The present work aimed to identify the intermunicipal consortia operating in the state of Minas Gerais for the management of USW, evaluating them in relation to the configuration of the municipalities proposed in the Optimal Territorial Arrangements (OTAs) of the Preliminary State Regionalization Plan. The consortia were analyzed based on geographic, socioeconomic, logistic and MSW management criteria. The results indicated that the percentage of municipalities that participate in consortia operating in the state is still insignificant (7%), most of them, 83.6%, with a population of less than 20,000 inhabitants. Consortia have used the Sorting and Composting Plants and landfills in a shared way for treatment and final disposal of waste, but inadequate provisions in controlled landfills and dumps are still present in some of the consortium municipalities. The divergences found between the regional configuration of the consortium municipalities and that of the OTAs indicate the need for studies on the factors involved in planning the constitution of intermunicipal consortia as well as on the determining criteria for the formation of territorial arrangements.

KEYWORDS: urban solid waste, intermunicipal consortia, territorial arrangements, regionalization.

OBJETIVO

O objetivo do trabalho consistiu em identificar e caracterizar os consórcios intermunicipais operantes no Estado de Minas Gerais para a gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos, avaliando-os em relação à configuração dos municípios propostos nos Arranjos Territoriais Ótimos (ATOs) no Plano Preliminar de Regionalização do Estado.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a geração dos resíduos sólidos tem sido crescente ao longo dos últimos anos, aumentando de 166,76 t/dia em 2010 para 214,405 t/dia em 2016. O marco legal foi estabelecido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei 12.305/2010 e regulamentada pelo Decreto 7.404/2010, reunindo o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações com vistas

à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos (BRASIL, 2010).

Entretanto, apesar do aumento da disposição em aterros sanitários após a implementação da Lei, verifica-se que vazadouros a céu aberto (lixões) e aterros controlados ainda estão presentes em 3.331(60%) dos municípios que enviaram, em 2016, 81 mil toneladas de resíduos por dia, correspondendo a 17% e 24% do volume coletado, respectivamente (ABRELPE, 2016). Assim os municípios, sobretudo os de pequeno porte, têm apresentado estrutura fragilizada frente aos modelos tradicionalmente adotados para a gestão dos RSU associada à ausência de desenvolvimento institucional, à incapacidade técnica e operacional e à insustentabilidade financeira dos sistemas implantados.

A PNRS estabelece, em seu art. 8, item XIX, como um de seus instrumentos o incentivo à adoção de consórcios com base na Lei 11.107/2005 (BRASIL, 2005) ou de outras formas de cooperação entre os entes federados para a gestão dos resíduos com vistas à elevação das escalas de aproveitamento e à redução dos custos envolvidos. A solução consiste em agregar dois ou mais municípios em um arranjo mais amplo, melhorando, assim a eficiência econômica e ambiental, minimizando os problemas gerenciais geralmente ligados ao tamanho reduzido dos municípios (SARRA et al. 2017).

Na Itália, por exemplo, foram várias propostas de reforma destinadas a fundir e reorganizar as unidades territoriais, municípios e/ou comunidades locais, que se encontram agrupadas em províncias. De forma particular, nesse País, os sistemas de gestão de resíduos são atribuídos à administração pública através de zonas geográficas específicas com base na subdivisão das regiões conhecidas como: Ambito Territoriale Ottimale - ATO (MASSARUTTO, 2010); Optimal Territorial Ambit - OTA (GALANTE et al., 2010); Optimal Area for the Management of Waste (AGOVINO et al., 2016).

Para incentivar e apoiar tecnicamente a formação dos consórcios intermunicipais e subsidiar informações para a elaboração dos Planos Estaduais de Resíduos Sólidos (PEGRS), estudos de regionalização têm sido realizados pelos governos estaduais no Brasil, a exemplo de Minas Gerais. Em seu Plano Preliminar de Regionalização, foi apresentada uma proposta de divisão do Estado em 51 agrupamentos de municípios que possuem viabilidade técnica para a implementação de consórcios intermunicipais formados com base nos critérios: logística e transporte, socioeconômico e gestão dos RSU, denominados Arranjos Territoriais Ótimos - ATOs (FEAM, 2009).

Contudo, apesar dos avanços na organização dos consórcios de resíduos sólidos no país, verifica-se que não têm operado de forma adequada e em conformidade com as diretrizes propostas na PNRS, apresentando fragilidades em sua formatação. Diante do exposto, faz-se necessário o planejamento para sua constituição bem como

para o acompanhamento de suas ações, sobretudo os implantados posteriormente à implementação da PNRs.

METODOLOGIA

O estudo utilizou o Estado de Minas Gerais como área de abrangência, uma das 27 unidades federativas do Brasil, localizado na região Sudeste do País, constituído de 853 municípios, sendo o 4º Estado com a maior área territorial, 586.520,732 km², e o 2º em número de habitantes 19.597.330 (IBGE, 2010).

• Identificação dos consórcios de RSU operantes no Estado

Os dados secundários utilizados para identificação dos consórcios foram disponibilizados pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) na Gerência de Resíduos Sólidos Urbanos (GERUB) e são referentes ao ano de 2017. Conforme apresentado no Quadro 1, os consórcios operantes foram analisados com base em critérios geográficos, socioeconômicos, logístico e de gerenciamento dos RSU.

Critérios	Aspectos
Geográficos	- Número de municípios constituintes - Localização dos consórcios operantes nas regiões das Superintendências Regionais de Meio Ambiente – SUPRAM
Socioeconômicos	- População total atendida pelo consórcio (IBGE, 2010) - Faixa populacional dos municípios constituintes do consórcio ¹ - Índice Mineiro de Responsabilidade Social – IMRS (média dos municípios) ²
Logístico	- Distância, por estradas, dos municípios às unidades de tratamento e disposição final
Gerenciamento dos RSU	- Unidades de tratamento e disposição final dos RSU - Fluxo de resíduos proveniente de outros municípios não integrantes dos consórcios ³

Quadro 1: Critérios utilizados para identificação e caracterização dos consórcios operantes

(1) Faixas Populacionais adotadas: ≤ 5.000 ; >5.000 e ≤ 10.000 ; >10.000 e ≤ 20.000 ; >20.000 e ≤ 100.000 ; >100.000 e ≤ 500.000 e >500.000

(2) Adotou-se como classificação para o IMRS: $\leq 0,6$ (Baixo); $>0,6$ e $<0,8$ (médio) e $>0,8$ (Alto)

(3) Fonte: FEAM (2016)

• Análise dos consórcios operantes em relação aos ATOs propostos no Plano Preliminar de Regionalização

Nessa etapa, foi realizada uma análise comparativa entre os municípios constituintes dos consórcios operantes em relação aos 51 agrupamentos propostos nos Arranjos Territoriais Ótimos - ATOs do estudo Preliminar de Regionalização do Estado. Objetivando uma análise da configuração espacial dos consórcios e dos ATOs, foi utilizado o *software* ArcMap 10.5.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

• Identificação e caracterização dos consórcios operantes

Conforme apresentado na Tabela 1, o Estado de Minas Gerais possui 10 consórcios operantes dos quais participam 61 (7,15%) municípios, abrangendo uma população de 1.047.647 habitantes. O CIMASAS, com sede em Itajubá, conta com a participação do maior número de municípios (13), sendo o CONVALE, em Uberaba, o maior em número de população atendida (367.281). A maioria dos municípios consorciados, 51%, encontram-se localizados na região SUPRAM Sul de Minas, seguida das regiões Triângulo e Alto Paranaíba (18%), Central (13%), Zona da Mata (10%) e Leste Mineiro (8%). Nas demais regionais, Norte, Noroeste, Jequitinhonha e Alto São Francisco, não há municípios consorciados. O Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS) foi classificado como baixo ($IMRS \leq 0,6$) para 60% dos consórcios, sendo os de maior porte, com população superior a 100.000 habitantes, com IMRS médio ($0,6 < IMRS < 0,8$).

Consórcio ¹	Número de Municípios	População Total	Localização na SUPRAM	IMRS
CIMASAS	13	161.157	Sul de Minas	0,613
CIDERSU	10	105.746	Sul de Minas	0,608
CONVALE	11	367.281	Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba	0,585
CPGRS	6	131.285	Leste Mineiro	0,605
CONDAPAV	6	27.798	Central	0,570
CPGIRS	5	45.802	Sul de Minas	0,575
ECOTRES	3	190.111	Central	0,654
CONCASS	3	6.149	Sul de Minas	0,595
CONRESOL	2	5.605	Zona da Mata	0,588
CRSSF	2	6.713	Zona da Mata	0,582

Tabela 1: Características dos consórcios operantes em Minas Gerais

1) CIMASAS: Consórcio Intermunicipal dos Municípios da Microrregião do Alto Sapucaí para Aterro Sanitário; CIDERSU: Consórcio Intermunicipal para o Desenvolvimento Regional Sustentável; CONVALE: Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Regional; CPGRS: Consórcio Público de Gestão de Resíduos Sólidos; CONDAPAV: Consórcio Público para Desenvolvimento da Micro Região do Alto Paraopeba e Vertentes; CPGIRS: Consórcio Público para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos; ECOTRES: Consórcio Público Intermunicipal de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos; CONCASS: Consórcio Intermunicipal para a Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos; CONRESOL: Consórcio Público de Gestão de Resíduos Sólidos; CORSSF: Consórcio Resíduos Sólidos Senador Firmino.

Em relação à faixa populacional, dos 61 dos municípios consorciados, 29 possuem população inferior a 5.000 habitantes, sendo que 83,6 % são de pequeno porte com população inferior a 20.000 habitantes. Apenas 2 municípios apresentam população entre 100.000 e 500.000, Uberaba (289.376) e Conselheiro Lafaiete

(111.266).

Na Tabela 2 encontram-se apresentadas as unidades compartilhadas entre os municípios para tratamento e disposição final dos RSU. As Unidades de Triagem e Compostagem (UTC) estão presentes em 40% dos consórcios e a maioria dos municípios, 38 (62,3%), dispõe seus resíduos nos 6 aterros sanitários regionais. Constatou-se que 11 (18%) municípios que participam dos consórcios não enviam seus resíduos para as unidades compartilhadas, utilizando as unidades do próprio município para disposição dos resíduos, dentre elas: 3 UTC e 3 aterros sanitários não regularizados e disposições inadequadas em 4 aterros controlados e 1 lixão.

Verificou-se, ainda, que alguns municípios enviam os RSU para os aterros compartilhados dos consórcios, contudo não participam: Ibiá, Ponte Nova, Pratinha e Santa Juliana (Uberaba); Bela Vista de Minas (João Monlevade); Barbacena (Conselheiro Lafaiete) e Alfenas, Lavras, Monte Belo e Santana da Vagem (Alfenas), os quais representam juntos uma população 338.205 habitantes.

Consórcio	Unidade de Tratamento e Disposição Final	Localização	Nº de Municípios que não destinam seus resíduos para as unidades do consórcio
CIMASAS	Aterro Sanitário	Itajubá	2
CIDERSU	Aterro Sanitário	Alfenas	5
CONVALE	Aterro Sanitário	Uberaba	0
CPGRS	Aterro Sanitário	João Monlevade	0
CONDAPAV	UTC	Cristiano Ottoni	1
CPGIRS	Aterro Sanitário	Andradas	3
ECOTRES	Aterro Sanitário	Conselheiro Lafaiete	0
CONCASS	UTC	Seritinga	0
CONRESOL	UTC	São Miguel do Anta	0
CORSSF	UTC	Senador Firmino	0

Tabela 2: Localização das unidades de tratamento e disposição final compartilhadas entre os municípios

Com relação ao critério logística, observou-se que 28 municípios consorciados (54,9%) apresentam distância superior a 30 km das unidades de tratamento e disposição final dos RSU utilizados pelos consórcios, podendo ocasionar altos custos de transporte, indicando a necessidade de implantação de estações de transbordo.

• **Análise da configuração dos consórcios operantes em relação aos ATOs**

De acordo com as Figuras 1 e 2, os 61 municípios consorciados encontram-se localizados em 15 ATOs propostos no Plano Preliminar de Regionalização do Estado. O percentual de atendimento aos ATOs correspondeu a 32,78% dos municípios consorciados. Apenas o consórcio CONVALE, Figura 3, com sede em Uberaba, foi formado por 100% dos municípios propostos na configuração do ATO 18 do Plano Preliminar.

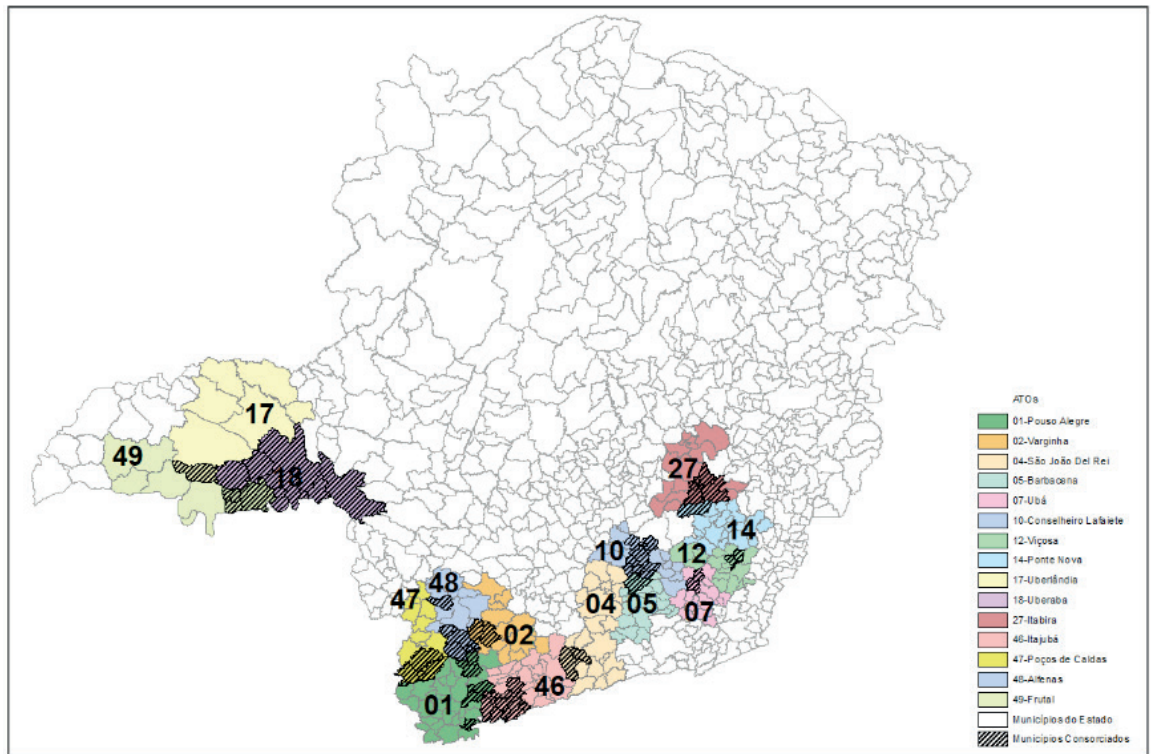


Figura 1: Municípios com consórcios operantes de RSU no Arranjos Territoriais Ótimos – ATOs

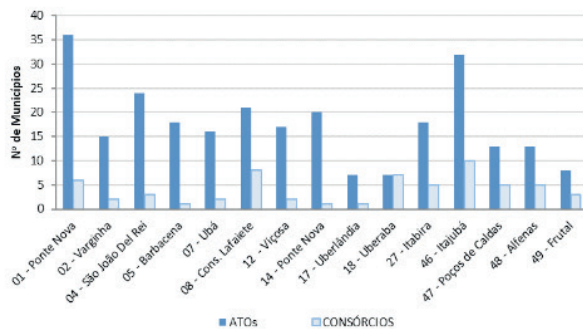


Figura 2. Número de municípios propostos nos ATOs e integrantes de consórcios

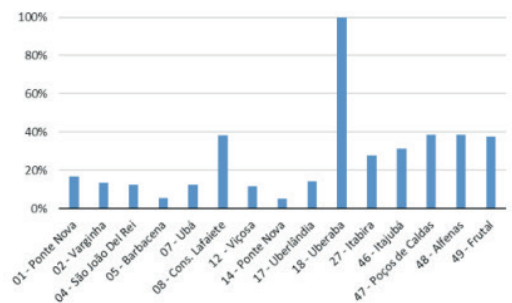


Figura 3. Percentual de municípios consorciados em conformidade os ATOs

CONCLUSÕES

Os consórcios intermunicipais têm se mostrado uma alternativa na gestão e no gerenciamento dos RSU, principalmente para os municípios de pequeno porte que buscam soluções tanto para o tratamento e disposição final dos resíduos quanto para o ganho de escala, otimização dos recursos e minimização de impactos ambientais.

Apesar da existência de legislação específica, Lei 11.107/2005, e do incentivo Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em Minas Gerais, os consórcios operantes encontram-se presentes nas regiões de maior estrutura socioeconômica e contam com a participação de apenas 7% dos municípios do Estado, atendendo a uma parcela de 5% da população.

Para o tratamento e disposição final dos resíduos, têm sido utilizadas as Usinas de Triagem e Compostagem (UTC) e os aterros sanitários de forma compartilhada, contudo disposições inadequadas em aterros controlados e lixões ainda estão presentes em alguns dos municípios consorciados. As distâncias dos municípios às unidades compartilhadas apresentaram-se, para a maioria, superior à 30km, podendo ocasionar elevados custos na logística de transporte.

Esse cenário, somado às divergências encontradas entre a configuração regional dos municípios consorciados e dos ATOs propostos no Plano Preliminar de Regionalização, indicam a necessidade de estudos sobre os fatores envolvidos no planejamento da constituição dos consórcios intermunicipais bem como nos critérios determinantes para a formação dos arranjos territoriais. Esses deverão considerar critérios técnicos que abrangem todas as etapas do gerenciamento dos resíduos visando à sustentabilidade na implementação de soluções consorciadas para os municípios.

REFERÊNCIAS

AGOVINO, M., MARIA, F., GAROFALO, A. **An exploratory analysis on waste management in Italy: A focus on waste disposed in landfill**. Land Use Policy, n. 57, p. 669–681, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016**, São Paulo, 59 p. 2016.

BRASIL. Lei nº 11.107, de 06 de abril de 2005. **Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos**. Diário Oficial da União, Brasília, 06 abr. 2005.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário Oficial da União, Brasília, 03 ago. 2010.

FUNDAÇÃO ESTUDUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. **Plano Preliminar de Regionalização da Gestão de Resíduos Sólidos para o Estado de Minas Gerais – Vol. 4 Plano Preliminar**. Belo Horizonte, FEAM, 2009.

FUNDAÇÃO ESTUDUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM. **Classificação e Panorama da Destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos em Minas Gerais – Ano Base 2016**. 12 p.

GALANTE, G., AIELLO, G., ENEA, M., PANASCIA, E. **A multi-objective approach to solid waste management**, Waste Management, n.30, p.1720-1728, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades@**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/painel/populacao.php?lang=&codmun=313240&search=minas-geraislitajubalinfográficos:-evolução-populacional-e-pirâmide-etária>>. Acesso em 30/12/17.

MASSARUTTO, A. **Municipal Waste Management in Italy**, n.1, 2010, 43p.

SARRA, A., MAZZOCCHITTI, M., RAPPOSELLI, A. **Evaluating joint environmental and cost performance in municipal waste management systems through data envelopment analysis: Scale effects and policy implications**. Ecological Indicators, v.73, p.756-771, 2017.

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

Data de aceite: 06/01/2020

Bruno Sezerino Diniz

Universidade Católica Dom Bosco.
Campo Grande – Mato Grosso do Sul

Daniel de Lima Souza

Universidade Católica Dom Bosco.
Campo Grande - Mato Grosso do Sul

Monica Siqueira Ortiz Dias

Universidade Católica Dom Bosco.
Campo Grande - Mato Grosso do Sul

Marjuli Morishigue

Universidade Católica Dom Bosco.
Campo Grande - Mato Grosso do Sul

Thais Rodrigues Marques

Universidade Católica Dom Bosco.
Campo Grande - Mato Grosso do Sul

Yago de Oliveira Martins

Universidade Católica Dom Bosco.
Campo Grande - Mato Grosso do Sul

Guilherme Henrique Cavazzana

Universidade Católica Dom Bosco.
Campo Grande - Mato Grosso do Sul

RESUMO: O parque urbano das Nações Indígenas, localizado na cidade de Campo Grande – MS, é um dos principais pontos turísticos da cidade, devido a sua ampla área, tanto de caminhada quanto de áreas

verdes, suas quadras esportivas, suas áreas de convivência e o córrego Revellieu, que deságua em uma lagoa, ponto principal do parque. A lagoa, além de ponto turístico, tem como função hidráulica de amortecer os picos de cheias em eventos pluviais, evitando prejuízos físicos, econômicos e até de vidas. Considerando que a seção de estudo estava transportando sedimentos a um valor médio de $7,32 \text{ ton.dia}^{-1}$, cuja produção de sedimento média é de $0,70 \text{ ton.km}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, classificada como Alta, segundo Carvalho (2008) e adaptado por Morishigue e Martins (2015), é possível concluir que tal aporte de sedimentos possa estar contribuindo com o assoreamento acelerado do reservatório do Parque das Nações Indígenas, já que valores mais altos na produção de sedimentos podem afetar reservatórios, rios e lagos, com depósitos indesejáveis. Devido a característica do sedimento transportado ser arenoso, pode-se concluir que o sedimento foi gerado devido a erosividade sobre os solos expostos da região urbanizada, localizada na sua área de contribuição. Com isso, é recomendado que este estudo continue para que, com este monitoramento, o Órgão Gestor possa ter subsídio ao tomar decisões quanto a demanda do desassoreamento do Reservatório bem como, propor medidas de controle do uso e ocupação do solo da região.

PALAVRAS-CHAVE:

Reservatório,

SOLID DISCHARGE IN URBAN PARK: CASE STUDY OF THE PARK OF INDIGENOUS NATIONS IN CAMPO GRANDE / MS

ABSTRACT: The Indigenous Nations urban park, located in the city of Campo Grande - MS, is one of the main sights of the city, due to its wide area, both walking and green areas, its sports courts, its living areas and the stream. Revellieu, which flows into a pond, the park's main point. The lagoon, as well as a tourist spot, has the hydraulic function of damping flood peaks in rain events, avoiding physical, economic and even life damage. Considering that the study section was transporting sediment at an average value of $7.32 \text{ ton}\cdot\text{day}^{-1}$, whose average sediment production is $0.70 \text{ ton}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$, classified as High, according to Carvalho (2008) and adapted by Morishigue and Martins (2015). It can be concluded that such sediment input may be contributing to the accelerated siltation of the Indigenous Nations Park reservoir, since higher values in sediment production may affect reservoirs, rivers and lakes, with unwanted deposits. Due to the characteristic of the transported sediment being sandy, it can be concluded that the sediment was generated due to erosivity on the exposed soils of the urbanized region, located in its contribution area. With this, it is recommended that this study continue so that, with this monitoring, the Managing Body can have subsidies when making decisions regarding the demand for the reservoir deforestation as well as proposing measures to control land use and occupation of the region..

KEYWORDS: Reservoir, Flood Damping, Sediment, Siltation.

1 | INTRODUÇÃO

As enchentes urbanas constituem-se num dos importantes impactos sobre a sociedade. Esses impactos podem ocorrer devido à urbanização ou à inundação natural da várzea ribeirinha (TUCCI, 2007). As inundações em áreas urbanas ocorrem com frequência nas cidades brasileiras, aumentando os prejuízos econômicos e sociais nas cidades. Somente em janeiro de 2004, 84 pessoas vieram a óbito em função de eventos chuvosos no Brasil (CAMPO GRANDE, 2009).

Uma das causas destes constantes eventos de enchentes, é devido ao transporte e ao depósito de sedimentos em leitos de corpos hídricos superficiais, além de reduzir a vida útil de reservatórios (SCAPIN, 2007). A ciência que estuda o carregamento desses sedimentos é a hidrossedimentologia, área de estudo onde são avaliados os processos erosivos e a sua relação com a dinâmica da água e dos sedimentos (CARVALHO, 2008).

Os sedimentos, sujeitos ao arrasto, são retidos na entrada do reservatório e nos afluentes formando um delta pluvial. Esses sedimentos são originados do solo exposto devido à retirada da vegetação e esgotamento do mesmo pelo uso

inadequado, ocasionando o assoreamento dos reservatórios (CABRAL, 2005).

Com o avanço do assoreamento do corpo hídrico, ocorre a diminuição da sua capacidade volumétrica, conseqüentemente, o não amortecimento da vazão de pico do escoamento superficial, culminando em possíveis alagamentos, que podem gerar prejuízos materiais e ambientais (ZUBCOV et al., 2018).

Não obstante, parques urbanos como o Parque das Nações Indígenas, localizado em Campo Grande/MS, estão sujeitos às conseqüências do avanço da urbanização, afetando de forma direta não só a sua paisagem, mas também provocando o aporte de sedimentos ao corpo hídrico superficial, transportados pelo sistema de drenagem, os quais foram gerados devido aos solos expostos de obras e de lotes desprotegido que por fim, favoreceram o assoreamento do seu reservatório, alimentado pelo córrego Revellieu.

O estudo hidrossedimentológico do córrego Revellieu justifica-se por gerar resultados de descarga sólida de sedimentos à montante do reservatório do Parque das Nações Indígenas, os quais nortearão o Órgão Gestor do Parque quanto a demanda de sua manutenção corretiva, bem como poderão ser propostas ações de uso e ocupação do solo frente à minimização da produção de sedimentos na sua área de contribuição.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização do local de estudo

O Parque das Nações Indígenas possui 119ha de área total; arborizado com inúmeras espécies do Cerrado brasileiro; caracterizado como Unidade de Conservação por incluir o Parque Estadual das Nascentes do Córrego Prosa; e possui um importante reservatório em seu exutório. Por sua vez, o Parque está inserido na Microbacia Hidrográfica do córrego Revellieu, com cerca de 10,45km², que, por sua vez, insere-se na Bacia Hidrográfica do córrego Prosa, à nordeste da região urbana do município de Campo Grande – MS (Figura 1) (MORISHIGUE; MARTINS, 2015).

O reservatório é uma importante infraestrutura executada com a finalidade de amortecer os picos de cheias em eventos pluviais, evitando prejuízos físicos, econômicos e até de vidas. Além de representar aspectos estéticos e paisagísticos ao parque, que é considerado um dos maiores parques urbanos do mundo e possuir grande quantidade de espécies nativas da fauna e flora típicas do Cerrado (MAYMONE, 2009)

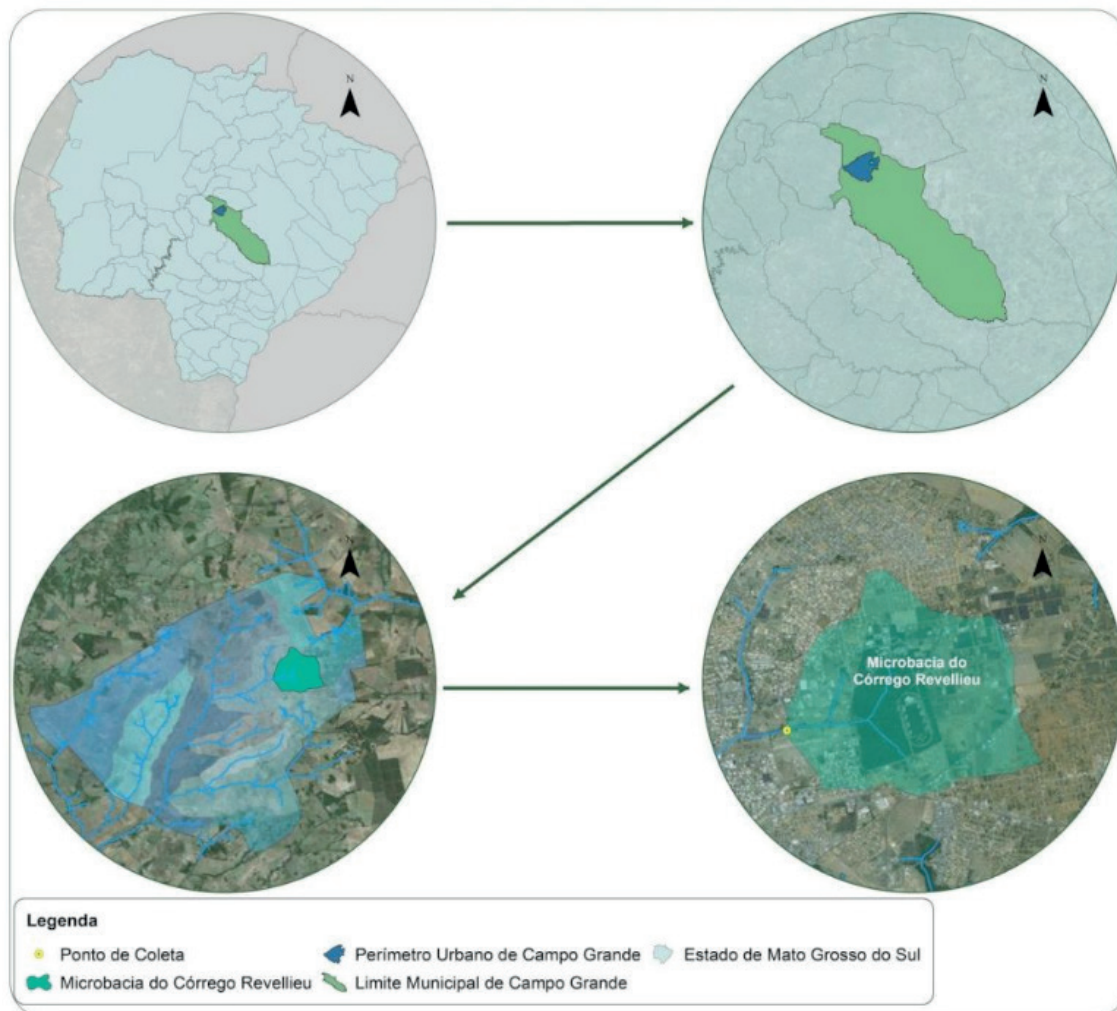


Figura 1: Mapa de localização da Microbacia Hidrográfica do córrego Revellieu., MORISHIGUE; MARTINS, 2008.

Período das campanhas de campo

As campanhas de campo foram realizadas nos períodos de chuva e de seca ao longo dos anos de 2015 a 2017.

Determinação da descarga líquida

A descarga líquida foi realizada conforme os procedimentos preconizados pela ANA (2014), método da meia seção e com a utilização do Molinete Fluviométrico de Newton. O Ponto de medição e de coleta, apresentado na Figura 1, localiza-se à montante do reservatório em trecho de características lóxicas, sendo realizada ao menos semestralmente, refletindo, assim, o escoamento de período de chuvas frequentes, ou úmido, e de estiagem, ou seco.

Coleta de sedimentos em suspensão e de leito

A coleta de sedimento em suspensão foi realizada pelo método de Igual Incremento de Largura (IIL), cuja amostragem caracteriza-se como composta de

integração vertical; com a utilização do equipamento DH-48; posteriormente, a amostragem do sedimento de leito foi realizada com a utilização do amostrador de draga de Petersen; ambas as amostragens foram realizadas na mesma seção da medição da descarga líquida como recomendado por Carvalho (2008).

Análises laboratoriais das amostras de sedimentos em suspensão e de leito

O procedimento laboratorial para a análise da concentração de sedimento em suspensão consistiu no método de evaporação à 105°C, em estufa simples e à pressão atmosférica, sendo determinado, assim, a concentração de sedimento em suspensão (CARVALHO, 2008).

Por sua vez, o sedimento de leito foi, primeiramente, seco em estufa em estufa simples a 105°C e à pressão atmosférica; em seguida, destorroado, quarteado e realizado seu peneiramento para a determinação da curva granulométrica e, conseqüentemente, da sua granulometria (CARVALHO, 2008).

Cálculo da descarga sólida total

Para a determinação da descarga sólida total foi empregado o Método Simplificado de Colby, o qual baseia-se na soma da descarga sólida medida, ou em suspensão, com a descarga sólida não medida, ou de fundo (Equação 1); método este adaptado por Carvalho (2008) para o Sistema Internacional.

$$Q_{s_t} = Q_{s_m} + Q_{s_{nm}} \quad \text{Equação 1}$$

onde: Q_{s_t} é a descarga sólida total em ton.dia⁻¹; Q_{s_m} é a descarga sólida medida em ton.dia⁻¹ (Equação 2); e $Q_{s_{nm}}$ é a descarga sólida não medida em ton.dia⁻¹ (Equação 3).

$$Q_{s_m} = 0,0864 \cdot Q \cdot C_s \quad \text{Equação 2}$$

onde: Q é a descarga líquida em m³.s⁻¹; e C_s é a concentração de sólido em suspensão em ppm.

$$Q_{s_{nm}} = q_{nm} \cdot K \cdot L \quad \text{Equação 3}$$

onde: q_{nm} é a descarga sólida não medida por metro linear de largura da seção em $\text{ton}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$; K é o coeficiente de ajuste do Método Simplificado de Colby; e L é a largura da seção de medição em m.

Por fim os resultados foram comparados com os critérios de produção de sedimentos proposto por Carvalho (2008) e adaptados por Morishigue e Martins (2015) para o período de tempo diário.

Classificação	Produção de Sedimentos ($\text{ton}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$)
Alta	> 0,48
Média	0,10 a 0,48
Baixa	< 0,10

Tabela 1: Classificação da produção de sedimentos.

Fonte: Carvalho (2008), adaptados por Morishigue e Martins (2015).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da descarga líquida, da concentração de sólidos suspensos, da descarga sólida medida, da descarga sólida não medida e da descarga sólida total entre o período de 2015 e 2017 são apresentados na Tabela 2.

Ano	2015			2016			2017		
Data	20/4	27/8	30/9	18/6	3/9	11/3	10/9	29/10	
Hora	07:30	07:30	13:30	08:30	08:00	08:00	08:06	09:15	
Vazão ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$)	0,15	0,15	0,13	0,10	0,12	0,09	0,13	0,10	
Velocidade média ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	0,06	0,11	0,08	0,10	0,09	0,10	0,10	0,11	
Profundidade média (m)	0,51	0,36	0,47	0,34	0,45	0,49	0,30	0,19	
Largura da seção (m)	5,22	3,80	3,50	4,20	3,80	5,70	3,70	4,90	
Concentração de sólidos suspensos (ppm)	39,20	15,59	14,00	38,45	1.285,00	48,56	186,00	165,00	
Descarga sólida medida ($\text{ton}\cdot\text{dia}^{-1}$)	0,51	0,20	0,16	0,32	3,13	0,42	1,61	0,25	
Descarga sólida não medida ($\text{ton}\cdot\text{dia}^{-1}$)	9,86	3,04	4,18	6,13	13,23	9,44	4,67	1,42	
Descarga sólida total ($\text{ton}\cdot\text{dia}^{-1}$)	10,37	3,24	4,34	6,46	16,36	9,86	6,27	1,67	
Produção de Sedimentos ($\text{ton}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$)	0,99	0,31	0,42	0,62	1,57	0,94	0,60	0,16	
Classificação	Alta	Média	Média	Alta	Alta	Alta	Alta	Média	

Tabela 2: Resultados das análises hidrossedimentológicas do Parque das Nações Indígenas.

Avaliando os resultados das descargas sólidas de sedimentos é possível verificar que a descarga sólida de sedimento mínima foi de $1,67\text{ton}\cdot\text{dia}^{-1}$, atingindo a descarga máxima de até $16,36\text{ ton}\cdot\text{dia}^{-1}$, cuja média foi de $7,32\text{ ton}\cdot\text{dia}^{-1}$.

Segundo proposto por Carvalho (2008), adaptado por Morishigue e Martins (2015), a descarga sólida de sedimento, por unidade de área de contribuição, mínima foi $0,16\text{ton}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$ e a máxima foi $1,57\text{ton}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$, sendo classificadas, respectivamente, como Média e Alta produção de sedimentos. Por consequência, a descarga de sedimento unitária média, foi de $0,70\text{ton}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$, sendo considerada de Alta capacidade de produção de sedimentos.

A menor descarga sólida total de sedimentos foi obtida após a finalização da dragagem do reservatório de retenção de sólidos localizado à montante da seção de monitoramento, refletindo a eficiência do dispositivo quando em condições operacionais adequadas.

Por outro lado, o valor máximo da descarga sólida refletiu a ação de um evento chuvoso, pois a coleta foi realizada após 24 horas da ocorrência de um evento pluvial na área de contribuição à seção de escoamento superficial direto, refletindo a consequência do avanço da urbanização sem a implantação de medidas de controle da erosividade e do transporte de sedimentos aos cursos de água superficiais.

Quanto à vazão, o valor máximo obtido foi de $0,15\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, enquanto o menor valor foi de $0,09\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, não estando atrelados, respectivamente, ao período de precipitações frequentes e ao período de estiagem, refletindo, assim, que a manutenção da vazão do córrego possa ser devido à contribuição da descarga de água subterrânea, denominada de vazão de base, principalmente devido à proximidade da seção de amostragem ao Parque Estadual das Nascentes do Prosa. A média da descarga líquida foi de $0,12\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$.

Por fim, avaliando os resultados das curvas granulométricas dos ensaios de peneiramento das amostras de leito, verificou-se que o sedimento transportado no córrego Revellieu é, predominantemente, de areia fina à grossa, inerente à característica do solo da região de contribuição à seção de estudo.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Considerando que a seção de estudo está transportando sedimentos à um valor médio de $7,32\text{ ton}\cdot\text{dia}^{-1}$, cuja produção de sedimento média é de $0,70\text{ ton}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$, classificada como Alta, é possível concluir que tal aporte de sedimentos possa estar contribuindo com o assoreamento acelerado do Reservatório do Parque das Nações Indígenas, já que valores mais altos na produção de sedimentos, podem afetar o reservatório, rios e lagos com depósitos indesejáveis.

Considerando que a característica do sedimento transportado é arenoso, é

possível concluir que tal aporte de sedimento é gerado devido a erosividade da precipitação sobre solos expostos na região urbanizada localizada na sua área de contribuição.

Por fim, recomenda-se que haja continuidade deste monitoramento, com a finalidade dos resultados subsidiar o Órgão Gestor frente à tomada de decisão quanto à demanda de desassoreamento, bem como, propor medidas de controle do uso e ocupação do solo da região.

REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Medição de descarga líquida em grandes rios: manual técnico**. 2. ed. Brasília: ANA, 2014.

CABRAL, J. B. P. **Estudo do processo de assoreamento em reservatórios**. Caminhos de Geografia, v. 6, n. 14, 2005.

CAMPO GRANDE. **Plano Diretor de Drenagem Urbana**. Campo Grande: Secretaria Municipal de Planejamento Urbano – PLANURB, 2009.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. 2ª edição; revisada; atual e ampliada, Rio de Janeiro – RJ: Interciência, 2008, 599 p.

MAYMONE, M. A. A. **Parques urbanos - origens, conceitos, projetos, legislação e custos de implantação estudo de caso: Parque das Nações Indígenas de Campo Grande, MS**. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul. 189 p. 2009.

MORISHIGUE, M.; MARTINS, Y. O. **Cálculo da descarga sólida de sedimentos: estudo de caso da microbacia do Córrego Revellieu, Campo Grande - MS**. (Graduação em engenharia sanitária e ambiental) Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2015.

SCAPIN, J.; PAIVA, JBD de; BELING, F. A. **Avaliação de métodos de cálculo do transporte de sedimentos em um pequeno rio urbano**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 12, n. 4, p. 5-21, 2007.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, v. 11, 2007.

ZUBCOV, H.; SOUZA, D. L.; MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; CAVAZZANA, G. H. **Transporte de sedimentos na bacia hidrográfica do Rio Formoso em Bonito/MS**. In: XIII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos e I Partículas nas Américas, 2018.

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

Data de aceite: 06/01/2020

Data de submissão: 14/10/2019

Rafael Verissimo

Engenheiro Ambiental, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Umuarama – PR.

<http://lattes.cnpq.br/4475207294665450>

Diana Janice Padilha

Engenheira Ambiental, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Umuarama – PR

<http://lattes.cnpq.br/7847075774617138>

Daniel Verissimo

Engenheiro Civil pela Faculdades Integradas do Vale do Iguaçu – UNIGUAÇU, Irati – PR.

Jhonatan Smitt Picoli

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Maringá – UEM, Umuarama – PR.

<http://lattes.cnpq.br/6778352250250114>

RESUMO: O presente trabalho trata do diagnóstico da gestão dos resíduos sólidos de serviço de saúde do Hospital Veterinário de uma Universidade localizada no noroeste do estado do Paraná, visando a implantação do Plano de Gerenciamento dos Resíduos do Serviço de Saúde (PGRSS), a ser utilizado no processo de licenciamento. Foram avaliadas todas as etapas: geração, segregação, acondicionamento, transporte interno, armazenamento temporário, transporte, tratamento e destinação final,

previstas para o PGRSS. Foram propostas melhorias e resoluções para os problemas e deficiências encontradas no que se refere ao gerenciamento dos resíduos. A quantificação dos resíduos dentro do hospital veterinário demonstrou que 28% do total dos resíduos gerados são pertencentes ao Grupo A, 22% ao Grupo B, 19% ao Grupo D recicláveis, 19% não recicláveis, 12% ao Grupo E, não apresentando geração de resíduos do grupo C, conforme previsto na RDC ANVISA 306/04 e CONAMA 358/05. Estes resultados indicam urgência na elaboração e implantação do PGRSS, assim como a regularização ambiental perante o órgão ambiental responsável.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos, Serviço de Saúde, Gerenciamento de Resíduos, PGRSS.

DIAGNOSIS OF SOLID WASTE

MANAGEMENT OF HEALTH SERVICE IN A UNIVERSITY VETERINARY HOSPITAL

ABSTRACT: This paper deals with the diagnosis of solid waste management of health services of the Veterinary Hospital of a University located in northwestern Paraná State, aiming at the implementation of the Health Service Waste Management Plan (PGRSS), to be used in the licensing process. All stages were evaluated: generation, segregation, packaging, internal transport, temporary storage, transport,

treatment and final destination, foreseen for PGRSS. Improvements and resolutions have been proposed for the problems and deficiencies encountered with regard to waste management. The quantification of waste within the veterinary hospital showed that 28% of the total waste generated belongs to Group A, 22% to Group B, 19% to Group D recyclable, 19% non-recyclable, 12% to Group E, and no generation was generated. Group C waste, as provided for in RDC ANVISA 306/04 and CONAMA 358/05. These results indicate urgency in the elaboration and implementation of PGRSS, as well as the environmental regularization before the responsible environmental agency.

KEYWORDS: Waste, Health Service, Waste Management, PGRSS.

1 | INTRODUÇÃO

Todas as atividades humanas, sejam elas de qualquer natureza, geram resíduos sólidos, os quais são conceituados pela NBR 10004/04 (ABNT, 2004), como todo o resíduo no estado sólido e semissólido, resultante de atividades industriais, domésticos, hospitalares, comerciais, agrícolas e de serviços de varrição. Os resíduos são classificados ainda, pela mesma norma, como resíduos classe I (perigosos) e classe II (não perigosos que se subdividem em não-inertes e inertes).

Os resíduos sólidos podem ser classificados em a) por sua natureza física: seco ou molhado; b) por sua composição química: matéria orgânica e matéria inorgânica; c) pelos riscos potenciais ao meio ambiente; e d) quanto à origem (IPT/Cempre, 2000).

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) consistem em uma das crescentes problemáticas ambientais, podendo ser considerados como um subproduto complexo e altamente impactante. Tem como característica o poder de poluição “crônico”, liberando gradativamente os poluentes no meio, contaminando o sistema ambiental, uma vez que a poluição não se restringe ao solo, mas se estende aos recursos hídricos, à atmosfera, além de proporcionar a proliferação de vetores e poluição visual.

A problemática vinculada aos RSU é ainda maior no que se refere aos resíduos sólidos de serviços de saúde (RSSS), pois estes, apesar de representarem uma pequena parcela do total dos RSU, são potenciais fontes de disseminação de doença, oferecendo perigos para os trabalhadores dos serviços de saúde e pacientes, ou seja, para todos que direta ou indiretamente entrem em contato com os RSSS (Vieira, 2009).

Os RSSS, devido ao acentuado risco de contaminação, poluição e degradação do meio ambiente, ao elevado risco de infecções à população, exigem maior nível de atenção, tanto com as técnicas corretas de manejo, quanto ao gerenciamento, ou seja, em todas as etapas de seu ciclo de vida (Souza, 2011).

Os RSSS são muitas vezes erroneamente chamados de “lixo hospitalar”. Entretanto, segundo o CONAMA (2005) e ANVISA (2004), os RSSS não são originários somente nos hospitais, mas também nos serviços de assistência à saúde humana e animal (inclusive os de assistência domiciliar), laboratórios analíticos de produtos para a saúde, necrotérios, funerárias onde são realizados procedimentos de embalsamamento, serviços de medicina legal, farmácias (inclusive de manipulação), serviços de acupuntura, serviços de tatuagem, piercings, etc. .

Os RSSS são parte importante dos RSU, não necessariamente pela quantidade gerada, pois representam entre 1% a 3% do total dos RSU, mas pelo potencial de risco conferido à saúde e ao meio ambiente, sendo classificados em função de suas características e possíveis riscos ao meio ambiente e à saúde (ANVISA, 2006).

Todos os resíduos resultantes do serviço à saúde merecem atenção especial em todas as suas fases de manejo (segregação, condicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final) em razão dos imediatos e graves riscos que podem oferecer, por apresentarem componentes químicos, biológicos e radioativos (ANVISA, 2006). O correto sistema de manejo dos resíduos sólidos em um estabelecimento de saúde permite mitigar e controlar com economia e segurança os riscos para a saúde associados aos resíduos (OPAS, 1997).

A Lei Federal 12.305, *artigo 20, inciso II, alínea a*, prevê a obrigatoriedade da elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, PGRS, para todo e qualquer estabelecimento que gere resíduos classificados como perigosos, e neste âmbito estão intrínsecos os RSSS. O PGRS deve apresentar o diagnóstico, o qual deve conter a origem, a caracterização e possíveis passivos ambientais (BRASIL, 2010), representados pelos resíduos em questão.

O PGRSS é constituído por um conjunto de procedimentos de gestão, planejado e implementado a partir de referências técnicas e científicas, normativas e legais, com o intuito de minimizar a geração de resíduos e proporcionar aos resíduos gerados, um destino correto, de forma eficiente, visando proteger os trabalhadores, e a preservação da saúde pública, os recursos naturais e do meio ambiente (ANVISA, 2004).

O presente trabalho pretende avaliar todas as etapas do gerenciamento dos resíduos no HV, sejam estas existentes ou não, com o intuito de conhecer as fontes geradoras dos RSSS direcionando a coleta seletiva e orientando os servidores sobre o correto manejo dos resíduos, otimizando e melhorando assim todas as suas etapas.

2 | OBJETIVOS

Avaliar e diagnosticar a gestão dos resíduos do serviço de saúde um hospital veterinário universitário, a fim de averiguar as ações tomada e propor melhorias

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram feitas visitas técnicas, entrevistas e observações *in situ* no Hospital Veterinário (HV), com o intuito de diagnosticar o processo de gestão dos resíduos produzidos durante o processo de assistência à saúde animal, avaliando todas as etapas previstas para o plano de gerenciamento, para isto ocorreu inicialmente à análise da documentação referente à área ambiental do Hospital.

Os resíduos foram quantificados e qualificados e sua geração foi acompanhada por seis meses, onde os RSSS foram pesados a cada quinze dias, coincidindo com os dias de coleta dos mesmos. Estes resíduos foram segregados e pesados, assim, obtiveram-se os dados apresentados neste trabalho. Esta qualificação se deu da seguinte forma: os resíduos foram separados respeitando-se os cinco grupos previstos na RDC ANVISA 306/04 e CONAMA 358/05, as quais classificam os RSSS em:

Grupo A: resíduos biológicos com possíveis características patogênicas, subdividindo-se em A1, A2, A3, A4 e A5. Estes podem ser peças anatômicas, fluidos corpóreos, culturas de microrganismos, etc.

Grupo B: resíduos que possuem características químicas que apresentam algum tipo de risco a saúde e ao meio ambiente e podem apresentar características tais como, inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade, podendo ser composto por restos de remédios, reagentes, resíduos contendo metais pesados, etc.

Grupo C: todo e qualquer resíduo que contenha radionuclídeos em quantidade superior à especificada pelas normas do Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN), podendo ser rejeitos de serviços de radioterapia, medicina nuclear, etc.

Grupo D: resíduos com características de resíduo domiciliar, como papéis, plásticos, resíduos orgânicos, metais, ou seja, os resíduos que não apresentem nenhum risco à saúde e ao ambiente e não se enquadrem em nenhum dos outros grupos.

Grupo E: materiais perfurocortantes ou escarificantes, os quais podem apresentar algum tipo de contaminação, mas, sobretudo representam um risco físico durante o seu manuseio. Se enquadram neste grupo, agulhas, lâminas de barbear, bisturis, etc.

Após a etapa de qualificação os RSSS foram quantificados, pesando a parcela pertencente a cada grupo e estimando a respectiva porcentagem que cada grupo representava no total dos resíduos gerados. Ainda, foram percorridas todas as acomodações do hospital, analisando-se os procedimentos referentes às ações tomadas na segregação dos resíduos em sua origem, observando-se recipientes de

armazenamento temporário e a disposição dos mesmos no ambiente, os sacos de acomodação dos resíduos, a quantidade e a disposição das lixeiras no ambiente do hospital, bem como se as mesmas se apresentavam de acordo com o previsto pela ANVISA (2004).

Avaliou-se também a periodicidade da coleta dos resíduos no ponto de geração, o transporte interno dos resíduos, o seu acondicionamento temporário até o seu envio para o tratamento e disposição final. O tempo de permanência deste resíduo em seu acondicionamento temporário nas dependências do HV, as condições de conservação deste resíduo e as características deste abrigo temporário. Para a conclusão do diagnóstico foi avaliado também o transporte dos RSSS até a unidade de tratamento, sendo então avaliadas todas as etapas do transporte e as conformidades ambientais da empresa responsável pelo tratamento e destinação final dos RSSS.

4 | RESULTADOS

De acordo com a análise das documentações pertinentes à área ambiental do HV percebeu-se a ausência de licenciamento ambiental e do PGRSS, assim como primeira ação foi proposta a realização do PGRSS, pois este documento é responsável por apontar e nortear as ações a serem realizadas dentro do estabelecimento de assistência à saúde. Como a principal ferramenta do PGRSS é o diagnóstico da real situação do estabelecimento, este diagnóstico visa solucionar os problemas apresentados no processo de gestão e aprimorar as ações já tomadas, iniciou-se todo o trabalho com o diagnóstico.

De acordo com WHO (2005), deve ser avaliada a quantidade de resíduos gerados durante um período de no mínimo um mês e, se possível, três meses, para garantir que os períodos de variações sejam contabilizados, assim, o montante anual de resíduos gerenciado deve ser estimado a partir dos números obtidos durante a fase de monitoramento. Seguindo esta orientação, a geração dos resíduos foi acompanhada por seis meses.

A princípio foram qualificados os resíduos gerados, em cada local do HV, observando os tipos e serviços prestados e os respectivos resíduos gerados. Os resultados desta qualificação estão apresentados na Quadro 1.

Local	Serviços prestados	Resíduos Sólidos Gerados
Secretaria	Agendamento	Papéis limpos.
Sala de Espera	Espera para atendimento	Papéis limpos, copos plásticos.
Clínica Médica I	Atendimento médico	Gazes e algodão contaminados, luvas e máscaras usadas no atendimento

Clínica Médica II	Atendimento médico	Gazes e algodão contaminados, luvas e máscaras usadas no atendimento
Sala dos Professores	Reunião e preparação	Papel.
Ambulatório	Retirada de pontos, curativos e orientações e pequenas cirurgias.	Papel, medicamentos vencidos ou inutilizados, gazes e algodão contaminados, luvas e máscaras usadas no atendimento, pequenos fragmentos de pele, dentes, resíduos de reagentes, medicamentos e outros e suas embalagens, bem como os mesmos quando estiverem vencidos, agulhas descartáveis, lâminas de bisturi, instrumentais quebrados.
Laboratório de Parasitologia	Coleta de exames	Luva, Papel, algodão, frasco de vidro, frasco de plástico, gaze, seringa, agulha e máscara e restos de material analisado
Limpeza de Material	Higienização	Luvas, Papel, algodão, frasco de vidro, frasco de plástico, gaze, seringa, agulha e máscara e restos de material analisado
Semiologia	Diagnóstico clínico	Luvas, papéis, algodão frasco de vidro, gaze, restos de materiais analisados, máscaras, restos de medicamentos e reagentes, seringas, agulhas e laminas de bisturi.
Sala dos Professores	Reunião e preparação	Papel.
Bioquímica	Coleta de exames	Luva, Papel, algodão, frasco de vidro, frasco de plástico, gaze, seringa, agulha e máscara e restos de material analisado
Almoxarifado	Guarda de materiais.	Não gera resíduos.
Laboratório de Análises	Coleta de exames	Luva, Papel, algodão, frasco de vidro, frasco de plástico, gaze, seringa, agulha e máscara
Lavanderia	Lavagem de roupas.	Embalagens de produtos de limpeza.
Sala de esterilização, de preparo de materiais e expurgo	Esterilização, lavagem e acondicionamento de materiais.	Papel, luvas.
Sala de radiografia, câmara clara e escura	Radiografias	Revelador, fixador, filmes radiográficos
Salas de observação 1 e 2 (internamento)	Soroterapia.	Frasco de soro, papel, equipo, scalp, gases.
Banheiros.	Sanitário.	Papel e absorventes higiênicos.

Videoteca	Capacitação e aulas	Papeis, clips e grampos
Copa	Área de alimentação dos residentes e funcionários do HV	Papeis, Plásticos, Restos de alimentos não contaminados, embalagens.
Centro Cirúrgico Pequenos Animais	Procedimentos cirúrgicos em pequenos animais	Papel, medicamentos inutilizados ou resto, gazes e algodão contaminados, luvas e máscaras usadas, pequenos fragmentos de pele, peças anatômicas resíduos de reagentes, medicamentos e outros e suas embalagens, bem como os mesmos quando estiverem vencidos, agulhas descartáveis, lâminas de bisturi, instrumentais quebrados.
Técnicas de Cirurgia	Procedimentos de técnicas cirúrgicas	Papel, medicamentos inutilizados ou resto, gazes e algodão contaminados, luvas e máscaras usadas, pequenos fragmentos de pele, peças anatômicas resíduos de reagentes, medicamentos e outros e suas embalagens, bem como os mesmos quando estiverem vencidos, agulhas descartáveis, lâminas de bisturi, instrumentais quebrados.
Farmácia	Medicamentos	Medicamentos vencidos e ou embalagens quebradas
Centro Cirúrgico Grandes Animais	Procedimentos cirúrgicos em grandes animais	Papel, medicamentos inutilizados ou resto, gazes e algodão contaminados, luvas e máscaras usadas, pequenos fragmentos de pele, peças anatômicas resíduos de reagentes, medicamentos e outros e suas embalagens, bem como os mesmos quando estiverem vencidos, agulhas descartáveis, lâminas de bisturi, instrumentais quebrados.
Sala da Direção do HV	Gestão hospitalar	Papeis, copos plásticos, clips e grampos
Sala dos Residentes	Plantão médico	Papeis, copos plásticos.
Dormitório	Descanso	Não gera resíduos
Sala de Ultrassom	Exames por imagem	Papeis, gazes.

Quadro 1: Qualificação dos resíduos gerados e caracterização dos serviços prestados no HV

Após o preenchimento da planilha de geração, realizado semanalmente, foram calculadas as médias semanais, durante todo o período de acompanhamento. Estes resultados são apresentados na Tabela 2.

SETOR	Peso Kg Resíduos / Grupo					
	A1 e A4	B	C	D	E	
				R	NR	
Secretaria	-	-	-	0,800	-	-
Sala de Espera	-	-	-	0,200	-	-
Clínica Médica I e II	0,900	-	-	0,200	0,300	0,500
Sala dos Professores	-	-	-	0,500	-	-
Ambulatório	3,500	3,400	-	0,300	0,300	0,250
Laboratório de Parasitologia	0,800	0,150	-	0,300	0,150	0,700
Limpeza de Material	-	2,600	-	-	0,400	-
Semiologia	0,210	0,050	-	0,500	-	0,130
Sala dos Professores	-	-	-	0,500	-	-
Bioquímica	0,800	0,100	-	0,300	-	0,800
Almoxarifado	-	-	-	0,800	0,200	-
Laboratório de Análises	0,500	0,180	-	0,600	-	0,750
Lavanderia	-	-	-	0,450	0,230	-
Sala de esterilização e de preparo de materiais e expurgo	-	-	-	-	0,600	-
Sala de Radiografia, câmara clara e escura	-	1,500	-	-	-	-
Salas de observação 1 e 2 (internamento)	1,300	-	-	0,200	-	0,800
Banheiros	-	-	-	0,400	5,600	-
Videoteca	-	-	-	0,350	-	-
Copa	-	-	-	1,250	0,125	-
Centro Cirúrgico de Pequenos Animais	1,750	0,150	-	0,220	0,130	0,650
Técnicas Cirúrgicas	1,115	0,140	-	0,100	0,100	0,450
Farmácia	-	1,100	-	0,250	0,150	-
Centro Cirúrgico de Grandes Animais	2,100	0,350	-	0,115	0,100	0,230
Sala da Direção do HV	-	-	-	0,100	0,050	-
Sala dos Residentes	-	-	-	0,150	0,100	-
Dormitório	-	-	-	-	-	-
Sala de Ultrassom	-	0,120	-	-	0,200	-
Total	12,975	8,840	0,000	8,585	8,753	5,260

Tabela 2: Média semanal quanti-qualitativa dos resíduos gerados

Grupo A: Potencialmente Infectante (risco biológico); Grupo B: Risco Químico; Grupo C: Rejeitos Radiativos; Grupo E: Perfurocortantes; Grupo D (R): Resíduos Recicláveis; Grupo D(NR): Resíduos Não Recicláveis;

Nos meses de acompanhamento da geração de resíduos e quantificação dos mesmos, não ocorreu à geração de carcaças de grandes animais, as quais podem alterar significativamente o volume de resíduos do grupo A.

Na sequência, foram calculadas as porcentagens demonstrando a representatividade de cada tipo de resíduo gerado no HV sendo estes resultados apresentados na Figura 1.

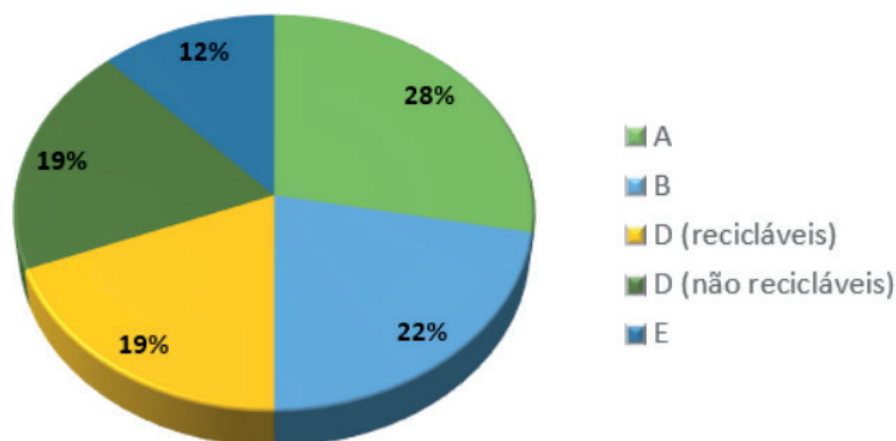


Figura 1: Percentual de resíduos gerados no HV

Para SKOWRONSKI (2010) os RSSS correspondem a 44,32% do total de resíduos gerados em um HV, para ROEDER-FERRARI (2008), os RSSS correspondem a aproximadamente 35% da geração total de resíduos em HV quando estes possuem uma segregação adequada. Comparando com os dados obtidos em outros trabalhos científicos, observa-se que a quantidade de RSSS (62%) gerados no HV em estudo foi elevada, isto foi atribuído à contaminação de resíduos do grupo D, no momento de geração.

A mistura de resíduos comuns com resíduos infectantes, não é uma particularidade do HV em estudo, pois PILGUER (2008), demonstrou que 19,3% (7.594 kg.ano⁻¹), de resíduos comuns (grupo D) são encaminhados para tratamento e disposição como resíduos infectantes (grupo A), implicando em um gasto desnecessário que pode ser reduzido com a correta segregação dos RSSS.

Segundo Roeder-Ferrari (2008) verificou-se a possibilidade de redução de até 58,3% dos RSSS e, conseqüentemente, um acréscimo na quantidade de resíduos do grupo D, em hospital veterinário em condições semelhantes ao HV estudado, somente com a segregação feita conforme a classificação da ANVISA.

Outro item avaliado foi a segregação dos resíduos no momento de geração, que demonstrou ser ineficiente no HV, ocorrendo a contaminação dos resíduos do grupo D, como demonstrado na Figura 2, isto pode ser atribuído à falta de conhecimento dos funcionários que manipulam os resíduos no momento de sua geração. Isto também não é uma característica exclusiva do HV em questão, sendo realidade na

maioria dos estabelecimentos de saúde. Esta deficiência na segregação acarreta um maior custo no tratamento dos RSSS, uma vez que a cobrança é feita de acordo com o peso dos resíduos encaminhados ao tratamento.



Figura 2: Contaminação dos resíduos classe D

O acondicionamento temporário também apresentou algumas deficiências, mas de fácil correção, implicando em pequenos ajustes.

Os sacos de armazenamento não correspondem ao exigido nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT NBR 9191 e 7500, e na ANVISA (2004), uma vez que estes deveriam ser da cor branca leitosa, e não sacos pretos. Como os empregados no HV destinados a resíduos comuns, estes devem ser resistentes a ruptura e com a simbologia de infectante conforme o previsto nas normas, ainda os sacos devem ser substituídos segundo a ANVISA (2004), a cada 24 horas ou quando atingirem 2/3 de seu volume.

Os recipientes devem ser devidamente identificados com a tipologia de resíduos a qual é destinada a eles, se são para resíduos grupo D, grupo B ou grupo A, e com a devida simbologia definida em norma. Os recipientes devem ser resistentes, com tampa e acionamento de elevação da tampa por pedal, o que não aparece em todas as lixeiras dentro do HV. O acondicionamento deve ser em local de fácil acesso e o mais próximo possível da fonte geradora, minimizando assim o risco de contaminação.

Verificou-se que os resíduos do grupo B, representados por sobras de medicamentos, medicamentos vencidos e produtos químicos, possuem um manejo correto, sendo acondicionados corretamente, os recipientes são devidamente identificados e encaminhados ao tratamento

Todos os resíduos do grupo D, resíduos comuns sem contaminação, são separados e enviados para coleta seletiva dentro da unidade, mas não possuem segregação entre recicláveis e não recicláveis, no momento da geração.

Os resíduos do grupo E são os que apresentam principal associação à

transmissão de doenças infecciosas, uma vez que possuem capacidade de romper a pele e introduzir agentes infecciosos no corpo (Silva *et al*, 2005), exigindo por isso maiores cuidados na separação e manejo pelos profissionais da área de saúde, pelo maior risco associado.

Assim os resíduos do grupo E devem ser armazenados em caixas próprias para perfurocortantes, sendo que estas devem possuir características como rigidez, estanquidade, resistência a punctura, ruptura e vazamento, impermeabilização e tampa, contendo a devida simbologia como instruído pela NBR 13853 (ABNT,1997) e ANVISA (2004).

Em relação ao transporte interno dos RSSS não foi verificada a utilização de carrinhos específicos para esta finalidade, o que se faz necessário para fins de minimização do contato pessoal com os RSSS e conseqüentemente do risco de contaminação.

Verificou-se ainda que o HV não possuía local adequado para o armazenamento externo dos RSSS para o acondicionamento temporário dos resíduos até sua coleta externa, o que implica em um grande risco de contaminação, mesmo que estes estejam acondicionados em bombonas fornecidas pela própria empresa responsável pela coleta. O local para a coleta já se encontra em fase de projeto, esperando somente liberação de verbas para sua construção.

Uma vez que os RSSS são designados como resíduos perigosos, se faz necessário a rastreabilidade destes, uma vez que ao utilizar este sistema o gerador e o órgão ambiental local podem acompanhar toda a logística dos resíduos do ponto de geração até sua destinação final (Jang *et. all.* 2005). Esta rastreabilidade é praticada pela empresa que faz a coleta dos RSSS no HV, a coleta é feita em carro exclusivo para coleta de resíduos do serviço de saúde, e encaminhado para o município de Maringá – Paraná, para o tratamento por autoclavagem. Logo após a esterilização o resíduo é descaracterizado por processo de trituração para atender às exigências normativas da ANVISA, e, após isso, o resíduo é transferido para um aterro industrial, pertencente à mesma empresa que efetua o tratamento, no município de Chapecó no Estado de Santa Catarina, ressaltando que todo este processo de tratamento disposição final e logística está devidamente licenciado pelos órgãos ambientais competentes.

5 | CONCLUSÕES

- Foram detectadas deficiências no processo de segregação do resíduo gerado dentro do HV.
- Várias divergências foram observadas quanto ao acondicionamento temporário dos resíduos gerados.

- A quantificação dos resíduos gerados demonstrou que 28% do total dos resíduos são pertencentes ao grupo A, 22% pertencem ao grupo B, 19% ao grupo D e possuem caráter reciclável, 19% ao grupo D com características não recicláveis, 12% ao grupo E, não apresentando geração de resíduos do grupo C.
- Deve-se subsidiar os funcionários com equipamentos de proteção individual (EPI's), e condições e equipamentos corretos para o manuseio e transporte dos RSSS.
- Orienta-se construir uma edificação de acordo com as normas estabelecidas, pela ANVISA (2004) e NBR 12235 (ABNT, 1992), a fim de mitigar os danos e as possibilidades de contaminação apresentada pelos resíduos em questão.
- Indica-se a urgência na elaboração e implantação do PGRSS, assim como a urgência na regularização ambiental do HV estudado, perante o órgão ambiental responsável, para com isso evitar possíveis penalidades legais, e ainda englobar neste processo o treinamento para todas as pessoas envolvidas na geração dos RSSS do HV.

REFERÊNCIAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7500 - Símbolos de Risco e Manuseio para o Transporte e Armazenamento de Material**. Rio de Janeiro: ABNT 2000.
2. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9191: Sacos plásticos para acondicionamento de lixo – Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT 2001.
3. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT 2004.
4. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12235 - Armazenamento de resíduos sólidos perigosos**. Rio de Janeiro: ABNT 1992.
5. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13853 - Coletores para resíduos de serviços de saúde perfurantes ou cortantes - Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT 1997.
6. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Manual de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 182p
7. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RDC nº 306. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**. Diário Oficial da União, 10 de dezembro de 2004. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: ago. 2017.
8. BRASIL. Lei n.º 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF. 2010.
9. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 5, de 05 de agosto de 1993 - **Estabelece definições, classificação e procedimentos mínimos para o gerenciamento de**

resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde, portos e aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários. Diário Oficial da União. Brasília, DF. 1993.

10. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 358, de 29 de abril de 2005. **Dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde e da outras providências.** Diário Oficial da União. Brasília, DF. 2005.
11. DA SILVA, C.E.; Hope, A. E.; Ravello, N. M. **Medical Wastes Management in the South of Brazil.** Waste Management, n. 25, 2005, p. 600–605.
12. IPT/CEMPRE, 2000. **LIXO Municipal: manual de gerenciamento integrado.** Coordenação Maria Luiza Otero D’Almeida; André Vilhena. 2 ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.
13. JANG, Y.; Lee, C.; Yoon, O.; Kim, H. **Medical Waste Management in Korea.** Journal of Environmental Management, n. 80, 2005, p.107–115.
14. OPAS - ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE - Centro Pan-Americano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente. **Guia para o manejo interno de resíduos sólidos em estabelecimentos de saúde** / Tradução de Carol Castillo Argüello. Brasília, DF: Organização Pan-Americana da Saúde, 1997.
15. PILGER, R. R.; Schenato, F. **Classificação dos resíduos de serviços de saúde de um hospital veterinário.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v.13, n.1, p.23-28, 2008.
16. ROEDER-FERRARI, L. D.; Andriguetto Filho, J. M.; Ferrari, M. V. **Production and Management of Solid Health Service Waste in the Veterinary Hospital at UFPR.** Archives of Veterinary Science, v. 13, n.1, p.26-30, 2008.
17. SOUZA, A. P. **Análise da Capacidade Atual de Tratamento e Disposição Final de Resíduos de Serviço de Saúde Gerados no Estado do Rio de Janeiro, com Recorte da Região Hidrográfica do Guandu/** Alexandre Pereira de Souza. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2011. 107 p. Dissertação (Mestrado) – UFRJ/COPPE/Programa de Planejamento Energético.
18. SKOWRONSKI, J.; Hess, S. C.; Rojas, I. G. C. **Estudos Sobre os Resíduos de Serviços de Saúde Gerados no Hospital Veterinário de uma Universidade Pública do Mato Grosso do Sul.** Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 2, p. 155-162, abr./jun. 2010.
19. VIEIRA, L.B. (2009). **Diagnóstico e Propostas para o Gerenciamento dos Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde do Hospital Municipal de Ivinhema-MS.** Campo Grande, 2009. 180 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.
20. WHO – **World Health Organization, Management of Solid Health-Care Waste at Primary Health-Care Centres,** Geneva, Switzerland, 2005.

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

Data de aceite: 06/01/2020

Daniely Batista Alves Martines

Bióloga pela Centro Universitário Luterano de Ji-Paraná (CEJI/ULBRA). Mestre pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR). Professora EBTT do Instituto Federal de Rondônia Campus Vilhena. Vilhena -RO

Jaqueline Aida Ferrete

Geógrafa pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Doutora em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia (IG/UFU). Pós-Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia (IG/UFU). Professora EBTT do Instituto Federal de Rondônia Campus Vilhena. Vilhena -RO

RESUMO: Há muito se discute, com maior ou menor intensidade, a destinação dos resíduos gerados nos centros urbanos. A luta dos municípios contra essa situação se reflete no grande número de regulamentos e editos, em repetidos avisos, ameaças e apelos aos cidadãos. Diante desse cenário, após 20 anos de tramitação pelo congresso, a Lei 12.305 de 10 agosto de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, foi publicada, passando o Brasil a ter um marco regulatório para essa questão. Dessa forma este trabalho teve como objetivo conhecer se a disposição final dos resíduos sólidos urbanos estão

atendendo a legislação, bem como, se os projetos de reabilitação das áreas degradadas estão sendo elaborados nos municípios do Cone Sul de Rondônia. O que se constatou foi a dificuldade financeira e de pessoal qualificado para a efetivação do que preconiza a Lei. Em relação as áreas dos lixões, a única atitude tomada pelos gestores municipais foi fechar para novos depósitos, vale ressaltar que, a participação de alguns municípios na organização de um consórcio intermunicipal, a elaboração dos planos municipais de gestão de resíduos sólidos urbanos e a presença de dois Aterros Sanitários localizados próximo aos municípios pesquisados, instituem-se como pontos potencialmente favoráveis, no entanto, percebeu-se fortes entraves políticos, sociais e financeiros para a mudança no cenário da gestão dos resíduos nos mesmos.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos; Aterro Sanitário; Política Nacional de Resíduos Sólidos

DISPOSAL OF URBAN SOLID WASTE IN THE SOUTH CONE OF RONDONIA: A PORTRAIT OF THE RECURRENT SITUATION IN WESTERN AMAZON

ABSTRACT: It has long been discussed, with greater or lesser intensity, the disposal of waste generated in urban centers. The struggle of the municipalities against this situation is

reflected in the large number of regulations and editos, in repeated warnings, threats and appeals to citizens. In view of this scenario, after 20 years of processing by the Congress, Law 12,305 of August 10, 2010 establishing the national Solid waste policy was published, passing Brazil to have a regulatory framework for this issue. Thus, this work aimed to know whether the final disposition of municipal solid waste is complying with legislation, as well, if the rehabilitation projects of degraded areas are being elaborated in the municipalities of the southern Cone of Rondônia. What was found was the financial difficulty and qualified personnel for the realization of what the law recommends. Regarding the areas of the dumps, the only attitude taken by the municipal managers was to close for new deposits. It is noteworthy that the participation of some municipalities in the organization of an inter-municipal consortium, the elaboration of municipal urban solid waste management plans and the presence of two sanitary landfills. Located close to the municipalities surveyed, establish themselves as potentially favorable points, however, strong political, social and financial barriers were perceived for the change in the waste management scenario.

KEYWORDS: Solid waste; Sanitary Landfill; National Solid Waste Policy

INTRODUÇÃO

Há muito se discute, com maior ou menor intensidade, a destinação dos resíduos gerados nos centros urbanos. Fazendo uma pequena viagem pela história tem-se que os romanos construíram os aquedutos para águas puras e canais para o despejo dos dejetos, no entanto, para poucos. Isso foi esquecido com o fim do império. Somente no séc. XV retorna-se a alguns questionamentos, como, a proibição da construção de chiqueiros em frente das casas na Europa, por vezes o acúmulo das imundícies chegava a atrapalhar, ou impedir, o deslocamento de pessoas dentro da cidade. A luta dos municípios contra essa situação se reflete no grande número de regulamentos e editos, em repetidos avisos, ameaças e apelos aos cidadãos (ROSEN, 2006, p. 35).

No entanto, o problema não estava só em manter as ruas limpas, mas sim no destino da água, do esgoto e de outros refugos das casas e das ruas. Para resolver esse problema, foi sugerido no século XVIII, que para o destino do lixo e dos refugos, houvesse uma reserva de terrenos, a uma certa distância das cidades, surgindo então os lixões.

Somente no séc. XX se percebe uma evolução na higiene das cidades com a efetivação de grandes obras de saneamento. As coletas dos resíduos gerados nas cidades são encaminhados para grandes depósitos afastados. A preocupação é apenas em tirar da vista os resíduos.

A utilização desses ambientes de disposição dos resíduos gerados nos centros urbanos persistiu ao avanço da humanidade. Em pleno séc. XXI ainda se encontra

no Brasil o retrato dos séculos passados. E, somente agora, se publica uma lei que traz a obrigatoriedade de destino final ambientalmente adequado para esses resíduos e com prazo para que tais medidas sejam tomadas.

Após 20 anos de tramitação pelo congresso, a Lei 12.305 de 10 agosto de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, foi publicada. O Brasil passa, então, a ter um marco regulatório para essa questão.

Esta lei visa a não geração, redução, reutilização e tratamento de resíduos sólidos, bem como a destinação final ambientalmente adequada para os rejeitos. Segundo ela, resíduos sólidos são:

Materiais, substâncias, objetos ou bens descartados resultantes de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, p. 11).

Outro conceito importantíssimo descrito na lei é o de rejeito:

Resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentam outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010, p. 11).

Toda a história deste país, em se tratando de resíduos, é contada por um descaso com a necessidade de um fim adequado para os resíduos gerados nas cidades. Primeiro, o mais fácil, lançava-se os resíduos nos corpos d'água (hábito ainda muito disseminado), depois foi encontrar um lugar afastado para o despejo. Agora, a Lei 12.305 obriga a implantação de uma política de gerenciamento de resíduos que leve a utilização de um destino final ambientalmente adequado. Isso significa que os municípios deverão elaborar um Plano Municipal de Gestão Integrado de Resíduos Sólidos que orientará todas as políticas de limpeza urbana e manejo dos mesmos.

Dentre as atribuições dos municípios no Brasil, está a de coletar e dispor o seus resíduos adequadamente. Por várias razões, como escassez de recursos, deficiências administrativas e falta de visão ambiental na maioria destes, os resíduos são vazados em locais inapropriados, o que provoca degradação do solo, contaminação dos rios e lençóis freáticos, por meio do chorume, e poluição atmosférica, devido à liberação do biogás.

Para tanto, os gestores municipais, podem optar por soluções consorciadas intermunicipais, para a gestão dos resíduos sólidos, incluída a elaboração e implementação de plano intermunicipal (BRASIL, 2010, p. 21). Isso significa que os municípios podem se unir para uma solução comum.

Com o intuito de efetivar o que disse a lei sobre soluções consorciadas para os resíduos, foi inaugurado no dia 20 de julho de 2013, em Vilhena (RO), o Aterro Sanitário Central de Destinação de Resíduos 2 Irmãos (CDR). Um aterro privado que convergirá a destinação final dos resíduos dos municípios do Cone Sul de Rondônia. Este é o primeiro aterro com denominação de sanitário do estado, que já possuía dois aterros controlados, um em Porto Velho e outro em Ariquemes.

Com uma destinação final ambientalmente adequada, preparada para os resíduos sólidos urbanos, os municípios do Cone Sul devem desativar as áreas desses lixões, no entanto, devem efetivar projetos de reabilitação dessas áreas degradadas pelos resíduos sólidos urbanos.

A desativação de áreas ocupadas por lixões é feita, muitas vezes, sem critérios técnicos, realizando-se apenas o encerramento da disposição de resíduos no local, fechamento e abandono da área. Nesse caso, a atuação dos catadores e o trabalho infantil cessam, mas a geração de gases, chorume e odores continuam, enquanto houver atividade biológica no interior do maciço de resíduos, podendo causar poluição do ar e das águas, problemas de instabilidade no terreno e degradação do solo.

Dentre as atividades de saúde pública, a destinação final adequada dos resíduos sólidos urbanos é considerada um dos principais meios para prevenção e controle de doenças, principalmente, as parasitárias. No Brasil, em 2008 segundo o IBGE ainda se tinha 50,8% dos resíduos sólidos sendo descartados em vazadouros a céu aberto - lixões, 22,5% em aterros controlados e 27,7% em aterros sanitários.

Dessa forma este trabalho teve como objetivo conhecer se a disposição final dos resíduos sólidos urbanos estão atendendo a legislação, bem como, se os projetos de reabilitação das áreas degradadas estão sendo elaborados nos municípios do Cone Sul de Rondônia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização e Caracterização da área de estudo

A Amazônia Ocidental Brasileira é constituída pela área abrangida pelos Estados do Amazonas, Acre, Rondônia e Roraima. Os Pontos de Cultura no estado de Rondônia foram uma iniciativa entre o Governo Federal e o Governo de estado. Tal convênio foi assinado no dia 31 de dezembro de 2007. O estado de Rondônia e seus 52 municípios foram dividido em 05 (cinco) Territórios de Identidade, contemplados com Pontos de Cultura levando em conta a proporcionalidade da sua densidade demográfica, ficando assim distribuídos: Território de Identidade – MADEIRA MAMORÉ; Território de Identidade – GRANDE ARIQUEMES; Território de Identidade – REGIÃO DO CAFÉ; Território de Identidade – ZONA DA MATA e Território de Identidade – CONE SUL (RONDÔNIA, 2007).

O Território de Identidade Cone Sul é composto por instituições sediadas nos municípios de Vilhena, Pimenta Bueno, Espigão do Oeste, Chupinguaia, Colorado do Oeste, Cabixi, Cerejeiras, Pimenteiras do Oeste, Corumbiara e Parecis (Cf. Figura 1).

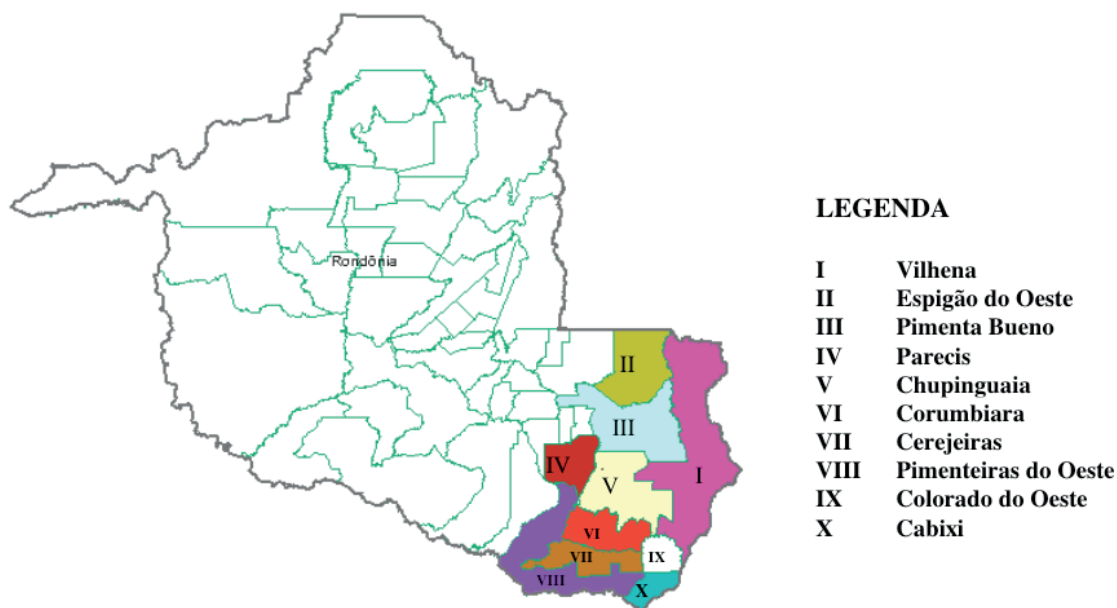


Figura 1: Localização dos municípios que compõem o Território de Identidade – Cone Sul.

Fonte: www.ibge.gov.br. Acesso em 25 de maio de 2017.

Adaptado por: FERRETE, 2017.

No Cone Sul encontra-se 13,13% da população do estado (230.629 habitantes), distribuídos por um total de 44.585,144km², isso perfaz 5,17 hab./km² (IBGE, 2018). Segundo dados do PIB de 2007, o Cone Sul é responsável por 18% das riquezas produzidas em Rondônia (cerca de 2,7 bilhões) (RONDÔNIA, 2011), sendo que Vilhena ocupa o quarto lugar no ranking estadual, atrás apenas de Porto Velho, Ji-Paraná e Ariquemes, com um PIB de 1.442.949 (7,3% do total estadual).

Apesar dessa riqueza, os municípios que compõem o Cone Sul não possuem uma infraestrutura que garanta a sua população uma adequada qualidade de vida. Podem-se citar os problemas com a ausência de um programa de saneamento, atendimento a saúde (tanto preventiva quanto curativa), educação, moradia, dentre outros.

Desenvolvimento do Projeto

Para desenvolvimento deste projeto foram realizadas as seguintes etapas:

1. Revisão bibliográfica (livros, artigos, sites, legislação e demais documentos de relevância);
2. Visitas a prefeituras dos municípios envolvidos, para formalização de uma colaboração e conhecimento da situação de cada prefeitura;

3. Visitas aos lixões municipais;
4. Acompanhamento da elaboração e execução dos projetos de reabilitação das áreas junto aos profissionais designados para tal tarefa.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Resultados das visitas aos municípios

Pimenteiras do Oeste - visita realizada em abril de 2015

O Município de Pimenteiras do Oeste, segundo dados do IBGE (2018), possui uma população de 2.191 habitantes. Na ocasião da visita o município já apresentava destinação de seus resíduos para o Aterro Sanitário em Vilhena. Não apresentava Plano de Gestão de Resíduos e nem projeto de reabilitação. A área do lixão estava desativada, no entanto, devido ao não isolamento da área, a população ainda despejava ilegalmente lixo (Cf. Foto 01), o que agravava os impactos no solo (lixiviação dos elementos depositados) e o crescimento da fauna de insetos e roedores.



Foto 01: Área do lixão de Pimenteiras do Oeste

Autor: FERRETE, 2015

Cerejeiras - visita realizada em maio de 2015

Cerejeiras atualmente conta com uma população estimada em 16.444 habitantes, segundo dados do IBGE (2018). Destinava seus resíduos para o lixão e o contrato com o Aterro em Vilhena estava em fase de finalização. O Plano de Gestão de Resíduos estava em construção, no entanto, não havia previsão para

elaboração de projeto de reabilitação. A área do lixão estava em pleno funcionamento (Cf. Foto 02), no qual, foi verificado uma das situações mais críticas em relação as áreas visitadas, devido a presença de catadores, uma grande quantidade de insetos, roedores e aves, bem como, lagoas de chorume, valas de materiais em estado de putrefação avançada e até mesmo abrigos improvisados para moradia e permanência dos catadores.



Foto 02: Área do lixão de Cerejeiras

Autor: FERRETE, 2015

Colorado do Oeste - visita realizada em maio de 2015

Colorado do Oeste apresenta uma população de 16.227 habitantes, segundo dados do IBGE em 2018. O município na época, ainda destinava seus resíduos sólidos urbanos para a área utilizada como Lixão (Cf. Foto 03). O Plano de Gestão de Resíduos estava em construção, no entanto, não havia previsão para elaboração de projeto de reabilitação, a destinação para o Aterro de Vilhena estava em fase de contratação. Ainda na área de Lixão, devido ao não isolamento da área sempre ocorrem queimadas ilegais, bem como elevada quantidade de insetos e roedores, no entanto, não havia presença de aves no local, provavelmente em virtude dos focos de queimada.



Foto 03: Área do lixão de Colorado do Oeste
Autor: FERRETE, 2015

Cabixi - visita realizada em junho 2015

O município de Cabixi possui uma população de 5.438 habitantes (IBGE, 2018). O mesmo ainda não destinava seus resíduos para o Aterro Sanitário em Vilhena. Não possuía Plano de Gestão de Resíduos e não havia previsão para elaboração de projeto de reabilitação. A área do lixão ainda não havia sido encerrada (Cf. Foto 04), os resíduos municipais ainda eram levados para ele, uma das situações mais críticas encontradas até durante as visitas no Cone Sul.



Foto 04: Área do lixão de Cabixi
Autor: FERRETE, 2015

Parecis - visita realizada em abril de 2017

O Município conta atualmente com 5.947 habitantes. (IBGE,2018). Destinava seus resíduos para o Aterro Sanitário em Cacoal (inaugurado em 2016 e pertencente a mesma empresa proprietária do aterro de Vilhena). O Plano de Gestão de Resíduos estava em fase de conclusão, no entanto, não havia previsão para elaboração projeto de reabilitação. A área do lixão, embora cercada, estava sendo invadida pelos vizinhos para criação de gado e, mesmo sendo longe e isolado, a população ainda despeja lixo (Cf. Foto 05).



Foto 05: Área do lixão de Parecis
Autor: FERRETE, 2017

Pimenta Bueno - visita realizada em abril 2017

O Município de Pimenta Bueno, atualmente, possui uma população de 36.434 habitantes (IBGE, 2018). Destinava seus resíduos para o Aterro Sanitário em Cacoal. O Plano de Gestão de Resíduos estava em fase de conclusão, no entanto, não há previsão para elaboração projeto de reabilitação. A área do lixão estava sendo utilizada como área de transbordo (Cf. Foto 06) (um disfarce para a continuação da deposição dos resíduos) e devido ao não isolamento da área, a população também despejava lixo e, ainda eram destinados os resíduos de varrição e poda para essa área. Foi construído um galpão no local para funcionamento de uma cooperativa de catadores, mas, como os envolvidos não entraram em acordo, tudo funcionava na ilegalidade e precariedade, e ainda com uma significativa quantidade de catadores atuando na área.



Foto 06: Área do lixão onde instalaram um galpão, para seleção de resíduos, em Pimenta Bueno

Autor: FERRETE, 2017

Corumbiara - visita realizada em maio de 2017

Com uma população atual de 7.567 (IBGE, 2018) o município destinava seus resíduos para o Aterro Sanitário em Vilhena. O Plano de Gestão de Resíduos estava em construção, no entanto, não havia previsão para elaboração projeto de reabilitação. A área do lixão estava desativada e, embora isolada, a população ainda despejava lixo (Cf. Foto 07), o que de novo se percebeu foi a criação de porcos para a venda nos açougues da cidade e que se alimentavam dos materiais ali dispostos. Essa criação tem a conivência do poder público.



Foto 07: Área do lixão de Corumbiara

Autor: FERRETE, 2017

Chupinguaia - visita realizada em maio de 2017

O município de Chupinguaia possui uma população de 10. 886habitantes. (IBGE, 2018). Destinavam seus resíduos para o Aterro Sanitário em Vilhena. O Plano de Gestão de Resíduos estava em fase de conclusão, no entanto, não havia previsão para elaboração projeto de reabilitação. A área do lixão estava sendo desativada e, assim como nos demais municípios, a população ainda estava despejando lixo (Cf. Foto 08).



Foto 08: Área do lixão de Chupinguaia
Autor: FERRETE, 2017

Espigão do Oeste - visita realizada em maio de 2017

O município possui uma população atual de 32.047 habitantes. (IBGE, 2018). Destinava seus resíduos para o Aterro Sanitário em Cacoal. O Plano de Gestão de Resíduos estava em fase de conclusão e o projeto de reabilitação da área já havia sido licitado e a empresa que ganhou é de Ji-Paraná, ainda não haviam começaram os trabalhos. A área do lixão estava sendo utilizada como área de transbordo (uma maquiagem para a continuação da deposição dos resíduos) e devido ao não isolamento da área, a população também despejava lixo e, ainda, destinava os resíduos de varrição e poda para essa área (Cf. Foto 09). A intenção era de transportar todo o conteúdo da área para o aterro em Cacoal o mais breve possível. Foi realizada uma visita ao Aterro de Cacoal para conhecimento da área para onde alguns municípios do Cone Sul estavam enviando seus resíduos na época.



Foto 09: Área do lixão de Espigão do Oeste
Autor: FERRETE, 2017

Vilhena - visita realizada em maio de 2017

O município de Vilhena possui uma população de 97.448. (IBGE 2018) Destinava seus resíduos para o Aterro Sanitário localizado no próprio município desde 2014. O Plano de Gestão de Resíduos estava concluído, no entanto, não havia previsão para encerramento do projeto de reabilitação. A área do lixão (Cf. Foto 10) estava desativada e todos os resíduos já haviam sido transportados para o aterro. A área estava limpa, no entanto, não foi efetivado nenhum projeto de reabilitação.



Foto 10: Área do antigo lixão de Vilhena
Autor: FERRETE, 2017

Devido a aprovação, em 01 de julho de 2015, do Projeto de Lei do Senado n. 425/2014 que prorrogou, de forma escalonada, o prazo para as cidades se adaptarem à Política Nacional de Resíduos Sólidos, mesmo com o encerramento do prazo estabelecido pela lei ter ocorrido em agosto de 2014, mais de três mil municípios brasileiros, incluindo alguns do Cone Sul de Rondônia, ainda não haviam conseguido cumprir as determinações legais.

A partir de então, ficou assim estabelecido os novos prazos para atendimento a PNRS quanto a destinação ambientalmente adequada, ao encerramento dos lixões e a reabilitação das áreas degradadas: capitais e municípios de regiões metropolitanas terão até 31 de julho de 2018; municípios de fronteira e com mais de 100 mil habitantes (censo de 2010) até julho de 2019 (Cabixi e Pimenteiras); cidades que possuem entre 50 e 100 mil habitantes terão prazo até 31 de julho de 2020 (Vilhena); e os municípios com menos de 50 mil habitantes um ano depois, 31 de julho de 2021 (Cerejeiras, Colorado do Oeste, Chupinguaia, Corumbiara, Espigão do Oeste, Parecis e Pimenta Bueno), os municípios também tiveram prorrogado o prazo para a elaboração de seus Planos de Gestão de Resíduos Sólidos. (TORRES, 2015).

Há ainda pouca preocupação em relação a destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos nos municípios estudados. Um dos motivos que se constatou é que, segundo os gestores, os municípios produzem poucos resíduos e, conseqüentemente, os impactos seriam menores e, o segundo, advém do aborrecimento da cobrança de uma taxa para custear a coleta e a destinação. O que ficou claro nas falas quanto a preocupação com a manutenção de cargos eletivos.

CONCLUSÕES

O que se constatou, ao final desse trabalho, foi a dificuldade financeira e de pessoal qualificado para a efetivação do que preconiza a Lei n. 12.305/2010. Municípios sem verbas e sem pessoal qualificado, bem como, condições de oferta de capacitação para o gerenciamento de tudo que diz respeito aos resíduos sólidos urbanos. Em alguns casos há a contratação de empresas privadas (quando os recursos possibilitam) para a elaboração de projetos de gestão dos resíduos e de reabilitação das áreas degradadas.

Em relação as áreas dos lixões, a única atitude tomada pelos gestores municipais foi fechar para novos depósitos, sem haver perspectivas de qualquer atividade de adequação a legislação, ou até mesmo de retirada desses resíduos para o aterro. Dos municípios do Cone Sul, Vilhena foi o primeiro a destinar adequadamente seus resíduos, no entanto, o que se percebe é que mesmo quando há essa destinação,

ainda se encaminha tudo que se recolhe, sem qualquer segregação prévia.

Vale ressaltar que, a participação de alguns municípios na organização de um consórcio intermunicipal, a elaboração dos planos municipais de gestão de resíduos sólidos urbanos e a presença de dois Aterros Sanitários localizados próximo aos municípios pesquisados, instituem-se como pontos potencialmente favoráveis para o alcance das exigências da PNRS. No entanto, percebeu-se fortes entraves políticos, sociais e financeiros para a mudança no cenário da gestão dos resíduos nos mesmos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, v. 134, n. 248, 2 ago. 2010. Seção 1, p. 10-21.

IBGE. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 1989/2008**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000000105.pdf>>. Acesso em 12 de ago. de 2017.

IBGE. **Estimativa da População por municípios**. Disponível em: <[http:// https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/panorama](http://https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/panorama)>. Acesso em 20 de ago. de 2018.

RONDÔNIA. **Divisão política**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 25 de maio de 2011.

RONDÔNIA. **Territórios de Identidade (2007)**. Disponível em: <<http://pontos.rondonia.wordpress.com/2011/06>>. Acesso em 03 jun. 2011.

RONDÔNIA. Secretaria de Administração - Sead. **PIB Estadual em 2007**. Disponível em <<http://www.rondonia.ro.gov.br>>. Acesso em 03 jun. 2011.

ROSEN, G. **UMA HISTÓRIA DA SAÚDE PÚBLICA**. 3. ed. São Paulo: Hucitec, 2006. p. 35.

TORRES, T. C. **Senadores aprovam prorrogação do prazo para fechamento dos lixões**. Agência do Senado, 2015. Disponível em: <<http://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2015/07/01/senadores-aprovam-prorrogacao-do-prazo-para-fechamento-dos-lixoes>> Acesso em: 15 fev. 2016.

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

Data de aceite: 06/01/2020

Cristine Helena Limeira Pimentel

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba
Cabedelo - Paraíba

Claudia Coutinho Nóbrega

Universidade Federal da Paraíba
João Pessoa - Paraíba

Ubiratan Henrique Oliveira Pimentel

Universidade Federal da Paraíba
João Pessoa - Paraíba

Wanessa Alves Martins

Universidade Federal de Campina Grande -
Paraíba
Campina Grande - Paraíba

RESUMO: O estudo foi desenvolvido a partir de um aprofundamento acerca da gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) do município, do levantamento da massa coletada de resíduos, da quantificação gravimétrica, roteirização do percurso da coleta indiferenciada e da estruturação da rota tecnológica existente. Entre os componentes das rotas tecnológicas estão a geração de resíduos, as coletas seletiva e convencional, a triagem nos galpões de coleta seletiva dos bairros e do aterro, a reciclagem e a destinação final no aterro sanitário. A rota tecnológica da coleta indiferenciada do município

está formulada de acordo com os percursos da coleta convencional. A coleta seletiva compõe a etapa da rota tecnológica que fornece o único tratamento disponibilizado no município de João Pessoa para os RSU. Ao todo, 20,12% da população da capital recebe cobertura da coleta seletiva. Assim, após análises técnica e ambiental da gestão dos RSU do município de João Pessoa, são levantadas propostas de rotas tecnológicas com técnicas de tratamento e disposição final conforme a situação local, aspectos sócio, culturais e econômicas da população, tecnologias de tratamento aplicadas e legislação vigente.

PALAVRAS-CHAVE: Rota Tecnológica, Resíduos Sólidos, Coleta Seletiva.

STUDY OF TECHNOLOGICAL ROUTES OF TREATMENT AND FINAL DESTINATION OF URBAN SOLID WASTE IN JOÃO PESSOA/PB

ABSTRACT: The study was developed from a survey about the management of municipal solid waste (MSW), the weighing of the waste collected, the gravimetric analysis of this waste, a routing of the undifferentiated collection path and from structuring of the existing technological route. Among thye components of the technology routes include waste generation, selective and conventional collection, sorting in neighborhood selective collection sheds and landfill, recycling

and final disposal at the landfill. The technological route of undifferentiated collection of the municipality is formulated according to the conventional collection paths. Selective collection is the stage of the technological route that provides the only treatment available in the city of João Pessoa for MSW. In all, 20,12% of the capital's population receives selective collection coverage. After technical and environmental analysis of the MSW management of the city of João Pessoa, proposals are proposed for technological routes with treatment techniques and final disposal according to the local situation, social, cultural and economic aspects of the population, applied treatment technologies and current legislation.

KEYWORDS: Technological Routes; Solid Waste; Selective collection.

INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil é definida pelos entes municipais, enquanto os serviços são executados pelos municípios, principalmente nos de pequeno e médio porte. Os municípios, ao se depararem com a quantidade de resíduos gerada em seu território e frente à necessidade de soluções práticas e imediatas, acabam adotando medidas desprovidas de análises técnicas, considerando principalmente a questão financeira para implementar novos mecanismos para o gerenciamento dos resíduos (MERSONI & REICHERT, 2017). Diante do exposto, consegue-se justificar os grandes debates acerca do fomento ao setor de resíduos sólidos. Pesquisas em busca de soluções ambientais e gerenciais estão sendo concebidas de forma a oferecer opções para o equilíbrio entre os custos e os benefícios gerados, que abrangem não só a prefeituras, mas a toda uma cadeia de atores (o associado de coleta seletiva, o sucateiro, a indústria da reciclagem, a sociedade como um todo e o meio ambiente).

O presente estudo tem o município de João Pessoa como campo de investigação. A pesquisa estrutura e analisa a atual rota tecnológica de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos da capital paraibana e seus componentes, visando fornecer subsídios para a proposta de novas rotas tecnológicas. Os resultados da pesquisa fornecem aos gestores e demais pesquisadores informações que possam subsidiar o processo de tomada de decisões na gestão dos resíduos sólidos. O estudo objetiva analisar as rotas tecnológicas dos resíduos sólidos urbanos (domiciliares/públicos/comerciais) no município de João Pessoa.

MATERIAIS E MÉTODOS

A configuração do estudo que visa identificar os componentes das rotas tecnológicas de resíduos sólidos urbanos (domiciliares/públicos/comerciais) do município de João Pessoa e propor rotas tecnológicas compatíveis com a realidade

atual da gestão municipal de resíduos sólidos, para tanto foi estruturada a metodologia como segue.

Para a criação de propostas de rotas tecnológicas para o município foram observados os princípios utilizados por Jucá et al. (2014) quando da configuração de rotas para as cinco regiões do país e alguns estados. Sendo assim, seguem os princípios:

- as rotas definidas devem estar alinhadas à Política Nacional dos Resíduos Sólidos;
- o horizonte a ser considerado na proposta de rotas deve incluir curto e médio prazos;
- devem ser considerados critérios técnicos, econômicos, ambientais, sociais e culturais associados às tecnologias e à região específica;

Independentemente do tamanho da população atendida, dentro das limitações e possibilidades do município e não excluindo da análise a adoção de tecnologias mais complexas, devem ser consideradas as seguintes atividades:

- coleta seletiva de resíduos recicláveis (secos);
- coleta seletiva de resíduos orgânicos (úmidos);
- coleta de rejeitos;
- unidades de triagem;
- unidades de compostagem;
- aterro sanitário.

Outro princípio defendido pelos autores para montagem de uma rota tecnológica é a conexão entre as tecnologias, o aproveitamento das cooperativas e/ou associações de catadores no aproveitamento de resíduos, a possibilidade da reciclagem orgânica e o aproveitamento energético, seja isolado seja no aterro sanitário. Para a observação dos comportamentos e fluxos das Unidades de Triagem da Coleta Seletiva de João Pessoa, das Coletas Convencionais (resíduos coletados sem prévia separação na fonte geradora, não envolve a coleta de recicláveis), e dos locais de Disposição Final, foram montadas estações de observação semanais em cada Unidade de Triagem catalogada no município através da Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (EMLUR), mensal na unidade de Disposição Final, além de acompanhamento da coleta realizada por cada empresa prestadora desse serviço, o qual foi realizado em três oportunidades. A utilização de múltiplas fontes e a triangulação dos dados e

evidências das mesmas são critérios que aumentam a credibilidade e a confiabilidade dos resultados (ALVES-MAZZOTI; GEWANDSZNAJDER, 2004). Ou seja, a partir do cruzamento de uma fonte com outra, consegue-se uma melhor constatação e sustentação das informações. Este método múltiplo, permite uma visão sistêmica, com foco nas informações realmente relevantes, de forma a minimizar possível entraves técnicos e metodológicos e maximizar a sustentabilidade das informações das rotas tecnológicas final dos resíduos sólidos da municipalidade.

Para a montagem das rotas tecnológicas do município foram analisadas algumas variáveis que por meio de correlação permitiram a compreensão da gestão dos resíduos sólidos do município:

- População.
- Densidade demográfica.
- Renda.
- Área.
- Número de domicílios.

Para o estudo das Rotas Tecnológicas Convencionais - RTC (sem coleta seletiva de recicláveis) as variáveis investigadas foram:

- Massa de resíduos coletados.
- Massa de resíduos coletados por habitante.
- Cobertura da coleta convencional (indiferenciada).
- Gravimetria dos resíduos sólidos.
- Total de quilômetros percorridos na coleta.

Para as Rotas Tecnológicas Seletivas - RTS (com coleta diferenciada ou seletiva do município) foram estudadas as seguintes variáveis:

- Gravimetria dos materiais recicláveis.
- Bairros atendidos pela coleta seletiva.
- Domicílios atendidos pela coleta seletiva.
- Material potencialmente reciclável comercializado.

Essas variáveis foram levantadas através de dados obtidos junto ao Instituto

Brasileiro de Geografia (IBGE) e à EMLUR. O município de João Pessoa, segundo os dados censitários do IBGE (2010), possui 215.586 domicílios. Com os dados populacionais de cada bairro e sua respectiva a distribuição de domicílios, pode-se calcular a relação “pessoa/domicílio” que é imprescindível para a especificação da geração dos resíduos e calcular a abrangência da coleta seletiva.

A coleta convencional de resíduos sólidos urbanos domésticos, comerciais e de serviços públicos têm como destino final o Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa (ASMJP). Ao chegar ao ASMJP, o caminhão é pesado e registrado no sistema os dados a massa bruta, massa líquida (que é calculada após a pesagem do caminhão vazio, tendo o seu peso como tara), horário de entrada e saída do aterro e o bairro atendido. Como o aterro funciona em quatro turnos, o total acompanhamento dessas pesagens tornou-se inviável, optando-se por analisar os relatórios gerenciais da EMLUR e fazer conferências e acompanhar rotina in loco. Essas informações são geridas por um software de armazenagem de informações particular, “Balança”, que permite a emissão de relatórios diários Para uma maior abrangência da geração de resíduos, que envolve fatores sazonais e climáticos, optou-se por acompanhar a série histórica de dois anos (2014 e 2015).

Segundo Pascoal Junior e Oliveira Filho (2010), interferências como armazenamento, reutilização, reciclagem e descarte em locais inadequados desviam parte do fluxo de materiais antes do descarte dos resíduos em locais de destinação final. Desta forma, discussões baseadas sobre a produção de resíduos estão relacionadas a quantidade de resíduos coletados e não aos efetivamente gerados. Assim, para a sistematização dos cenários, foram observadas as etapas de gerenciamento de RSU adotadas em João Pessoa abrangendo as coletas de resíduos convencional e seletiva, transporte, triagem dos resíduos seletivos, reciclagem e disposição final em aterro sanitário. Considerando as metas da PNRS, visando a diminuir gradativamente a quantidade de material disposto em aterro, foram propostos cinco cenários com diferentes rotas tecnológicas para o gerenciamento dos resíduos.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A identificação de rotas tecnológicas em análises de modelos de gestão torna mais simples o sistema e a montagem de estratégias a serem estudadas em processo decisório. É, portanto, um caminho de soluções que envolve várias dimensões, explora técnicas diversas e relevantes.

No contexto da gestão de RSU, Jucá et al. (2014) definem uma rota tecnológica como o conjunto de processos, tecnologias e fluxos dos resíduos desde a sua geração até a sua disposição final, envolvendo circuitos de coleta de resíduos de forma indiferenciada e diferenciada e contemplando tecnologias de tratamento dos

resíduos com ou sem valorização energética. Por esse conceito percebe-se a que a rota tecnológica tem início, necessariamente, com a geração e encerra com a disposição final em um aterro sanitário, podendo haver, entre as etapas, uma ou mais formas ou tecnologias de tratamento.

Seguindo a metodologia já apresentada, foram identificadas, dentro do fluxo dos resíduos no município, duas rotas tecnológicas de tratamento e disposição final do município de João Pessoa (Figura 1).

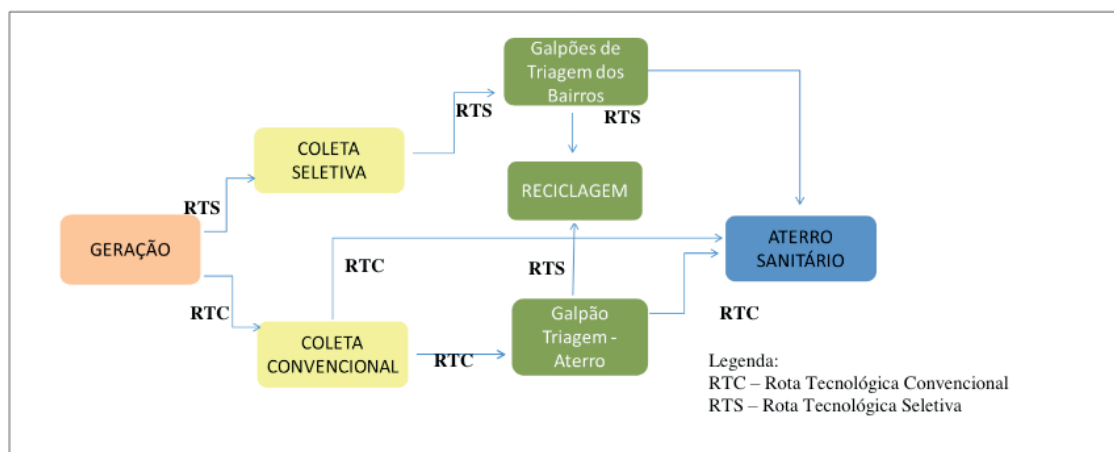


Figura 1: Fluxo dos resíduos sólidos e identificação das rotas tecnológicas de João Pessoa

Pela Figura 1, observa-se que partindo da geração dos resíduos nas residências, comércios, mercados públicos e feiras livres, as coletas indiferenciada (convencional) e a diferenciada (seletiva) marcam o início das rotas tecnológicas do município.

Com a Coleta Convencional tem-se o início da RTC, que tem como Destino Final o ASMJP. Os resíduos de alguns caminhões, após passarem pela balança na entrada do aterro, são interceptados para serem triados na unidade de triagem da Associação dos Trabalhadores de Materiais Recicláveis – ASTRAMARE, que se localiza na área do aterro, os rejeitos seguem para a célula em operação e os recicláveis são comercializados com destino às indústrias. A RTS inicia-se com a Coleta Seletiva e fornece o único tratamento disponibilizado no município de João Pessoa para os RSU, a triagem dos resíduos nos galpões existentes em alguns bairros. Como visto, a rota tecnológica do município de João Pessoa tem como componentes as coletas seletiva e convencional, a triagem nos galpões dos bairros e do aterro, a reciclagem e a destinação final no aterro sanitário.

A Rota Tecnológica Convencional

A RTC é fisicamente percebida de acordo com os percursos da coleta convencional que cobre, segundo o PMGIRS em João Pessoa (2014), noventa e seis por cento do município. Da coleta convencional os resíduos seguem para o aterro sanitário, que também recebe os rejeitos dos galpões de triagem do aterro e

da coleta seletiva.

A quantidade de resíduos influi no porte e no tipo das unidades de coleta, tratamento e disposição final, por isso um primeiro parâmetro a ser considerado para esse estudo foi a massa de resíduos gerados no município. A partir da massa média de resíduos coletados em dois anos, segundo relatórios do software “Balança” da EMLUR, foi calculada a geração média mensal de resíduos do município, os quais resultaram em 21.091,24 toneladas por mês. Vale lembrar que o município coleta 96% do resíduo sólido do gerado pela população (JOÃO PESSOA, 2014), segundo a ABRELPE (2015) essa cobertura no Brasil é de 90,80%.

POPULAÇÃO	TOTAL DE RESÍDUOS COLETADOS (t/mês)	TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS (t/mês)	GERAÇÃO PER CAPITA (kg/hab.dia)	TOTAL DE KM PERCORRIDOS PARA COLETA (mês)	DENSIDADE DEMOGRÁFICA DE JOÃO PESSOA (hab/km ²)
787.362	20.247,59	21.091,24	0,892	104.520,55	3.400,82

Tabela 1: A geração de resíduos sólidos urbanos domiciliares, comerciais e públicos de João Pessoa

Na Tabela 1 está evidenciada a média de geração de resíduos, e a partir dela calcula-se taxa de geração per capita, que relaciona a quantidade de resíduos sólidos gerada diariamente e o número de habitantes de determinada região. Para o cálculo da taxa de geração per levou-se em conta os resíduos sólidos domiciliares/comerciais/públicos coletados nos anos de 2014 e 2015. Assim as 21.091,24 toneladas mensais geradas, resultam uma taxa per capita de 0,892 kg/hab.dia, que são coletadas através de um percurso de 104.520,55 km. Ao dividir o percurso pela quantidade de resíduos coletados verifica-se que o município possui uma taxa de eficiência de coleta de 4,95 km/tonelada, que pode variar a depender da densidade demográfica do local e do tipo do resíduo.

Conforme com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2016), a geração total e per capita dos resíduos sólidos nem sempre apresenta resultados condizentes, variando a depender da característica local, principalmente às relacionadas ao crescimento populacional e econômico da região. Também deve-se deixar esclarecido quais os tipos de materiais estão sendo considerados a fim de que possam ser verdadeiramente analisados. No caso da presente pesquisa estão sendo considerados os resíduos sólidos urbanos domiciliares, comerciais e públicos, não sendo considerados, portanto, os resultantes da poda, da construção civil e de serviços de saúde.

Para fins de compreensão acerca das características e comportamentos das rotas tecnológicas é importante ter-se em mão os quantitativos gravimétricos da

localidade estudada. Assim, após a análise dos quantitativos dos resíduos, também são analisadas suas características gravimétricas. O conhecimento da composição dos resíduos sólidos do município delinea a escolha das possíveis formas de tratamento de acordo com a identificação de possível agente poluidor e da sua origem. Os dados gravimétricos apresentados nesta seção são provenientes de caracterização realizada no ASMJP acerca dos RSU de João Pessoa para fins de controle e planejamento da EMLUR.

A figura 02 faz um panorama geral acerca da gravimetria de resíduos domiciliares do município de João Pessoa.

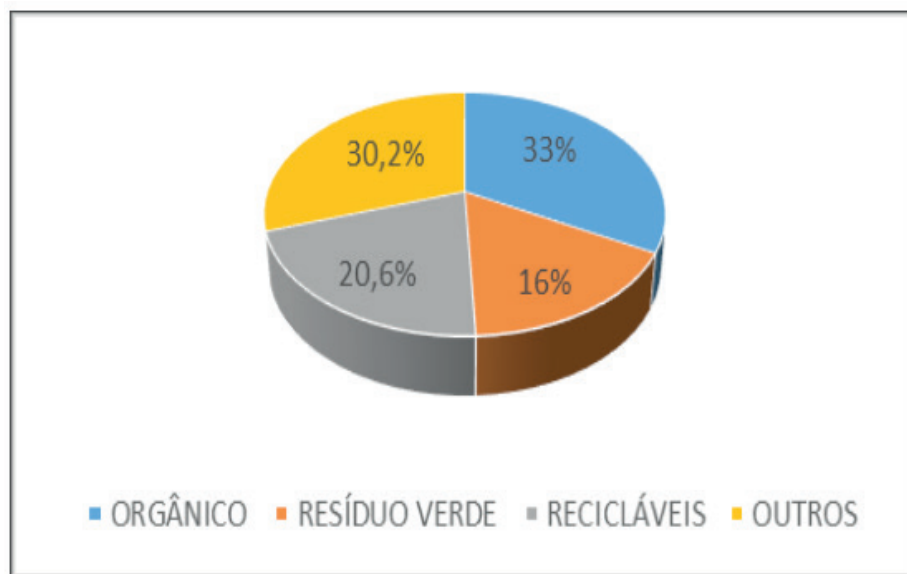


Figura 2: Gravimetria de João Pessoa com base na coleta e separados os recicláveis dos orgânicos

Pela composição gravimétrica realizada em João Pessoa, observa-se que a maior parte dos resíduos são orgânicos, provenientes de restos de comidas e preparo de alimentos. Também se observa que o município tem um bom potencial para reciclagem, uma vez que 20,60% dos seus resíduos são compostos por materiais aceitos pela indústria da reciclagem. E esses materiais recicláveis compõem um outro componente da rota tecnológica de João Pessoa, os que são coletados pela coleta seletiva e encaminhados aos galpões de triagem para posterior comercialização.

Rota Tecnológica Seletiva

Para fins de estudo das rota tecnológicas de João Pessoa, fez-se uma ampla pesquisa acerca da Coleta Seletiva que é o componente de tratamento físico da rota RTS.

Em busca de dados que propusessem o diagnóstico da Coleta Seletiva do município de João Pessoa, foram visitados todos os galpões de triagem, apoiados pela EMLUR e coletadas as informações conforme preparado no roteiro de entrevista.

As informações levantadas permitiram compor um cenário acerca da realidade dessa atividade em João Pessoa, suas divisões operacionais, equipes de trabalho, custos, produções e rendimentos.

Segundo PMGIRS no município de João Pessoa há quatro associações de catadores de resíduos: Associação de Trabalhadores de Materiais Recicláveis (ASTRAMARE), Associação de Catadores de Resíduos de João Pessoa (ASCARE-JP), Acordo Verde e Catajampa. Todas são sociedades civis sem fins lucrativos, não sujeitas à concordata ou falência, constituídas para prestar serviços aos seus cooperados. Pode-se dizer que se tratam de sociedade autônoma, com características de microempresa de seleção e comercialização de materiais recicláveis regida pela Lei Federal nº 5.764 que regulamenta o funcionamento do cooperativismo (JOÃO PESSOA, 2014).

Dos sessenta e quatro bairros existentes no município de João Pessoa, vinte (20) são contemplados com o programa de coleta seletiva. Além das unidades mencionadas, ainda existem as unidades de triagem do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa, operada pela ASTRAMARE, e a unidade da CATAJAMPA, que não possui núcleo formalizado na EMLUR, sendo os materiais armazenados nas residências dos associados no bairro de Mandacaru. Para fins de estudo da operacionalização de cada núcleo da coleta seletiva, observou-se que em um município com 787.363 habitantes tem-se 169 agentes de coleta seletiva, há uma proporção de 4.658,95 habitantes para cada agente de coleta.

A área do município de João Pessoa é de 18.860,40 ha, considerando a área dos bairros participantes, calcula-se a proporção da área do município coberta pela coleta seletiva desses bairros (Tabela 2).

População Atendida pela Coleta Seletiva	Cobertura da Coleta Seletiva relacionada à população do Município (%)	Área coberta pela Coleta Seletiva (ha)	Área Total (ha)	Cobertura da Coleta Seletiva relacionada à área do Município (%)
158.437	20%	3.877,30	18.860,90	21%

Tabela 2 - Cobertura da Coleta Seletiva no município e nos lotes da pesquisa

A área total de cobertura da coleta seletiva no município de João Pessoa é 3.877,30 hectares o que representa 20,56% da área total do município. O percentual de atuação da coleta seletiva sobre a população é de 20%, uma vez que a mesma atende a 158.437 habitantes (Tabela 2).

Os materiais provenientes da coleta seletiva de João Pessoa têm como destino a indústria da reciclagem e os rejeitos ao aterro sanitário. Com vistas a compor os fluxos de massa e custo da coleta seletiva, assim como, conhecer o potencial de reciclagem e a eficácia da mesma, foram pesquisados na EMLUR e nos núcleos, os

quantitativos de massa e os custos operacionais do sistema.

Destinação e Disposição final dos Resíduos Sólidos Urbanos do Município de João Pessoa

Após serem coletados nas fontes geradoras os resíduos domiciliares/comerciais/públicos são encaminhados ao ASMJP, que com a desativação do Lixão do Roger em 2003, foi inaugurado e posto em operação no dia 05 de agosto do mesmo ano. A operação do ASMJP está prevista para durar vinte e um (21) anos, sendo composta por 24 (vinte e quatro) células (RSU), 5 células especiais, células para Resíduos de Saúde, células para resíduo industrial, um viveiro de mudas para reflorestamento, escritórios, vias de acesso, laboratório, alojamentos, galpão de triagem de resíduos recicláveis e oficina. Para o aterro também são encaminhados os rejeitos resultantes do processos de triagem nos diversos galpões de coleta seletiva do município.

Logo na entrada do aterro há uma unidade de triagem, a maior do município, cuja gestão envolve interesses diversos, catadores, a EMLUR, a PMJP e os gestores do ASMJP. De acordo com o Relatório de Monitoramento do Aterro Sanitário (2015) foi feita uma análise geral acerca dos materiais encaminhados para o galpão de triagem do aterro a fim de obter-se o percentual de aproveitamento da coleta seletiva com relação a coleta convencional (Tabela 3).

ANO	Coletados pela Coleta Convencional	Núcleos da Coleta Seletiva		Galpão de Triagem		Total da Coleta Seletiva	Percentual de Aproveitamento da Coleta Seletiva em massa
	(t)	(t)	%	(t)	%	(t)	%
2010	220.818,00	1.179,36	0,53	2.338,00	1,06	3.517,36	1,59
2011	260.963,00	935,66	0,36	1.611,00	0,62	2.546,66	0,98
2012	239.441,00	865,24	0,36	1.806,00	0,75	2.671,24	1,12
2013	238.263,44	1.325,11	0,56	2.101,09	0,88	3.426,20	1,44
2014	242.961,81	1.929,26	0,79	1.997,52	0,82	3.926,78	1,62
2015	243.999,10	1.457,82	0,60	1.595,71	0,65	3.053,53	1,25
TOTAL	1.446.446,35	7.692,45	0,53	11.449,32	0,79	19.141,77	1,32

Tabela 3 - Resíduos da Central de Triagem em relação ao total pesado no Aterro Sanitário

Analisando os percentuais calculados (Tabela 3), percebe-se que por mais que exista um investimento da Prefeitura para manter o programa de coleta seletiva, a maior parte dos resíduos recicláveis de João Pessoa são os da Central de Triagem, que em 2010, eram quase 100% a mais que a quantidade de resíduos comercializada pelos Núcleos da Coleta Seletiva. A medida que os catadores conseguem atingir a um maior número de adesões, esse percentual vai caindo e chega a 9,45% em 2015.

Na Tabela 3 estão expressos os percentuais dos resíduos coletados nos núcleos dos bairros e do galpão aterro, em relação ao total de resíduos domésticos/comerciais coletados pela coleta convencional. Ao serem somados todos os materiais absorvidos pela coleta seletiva no município alcança-se uma média de 1,32% com relação ao total captado pela coleta convencional.

Santos et al. (2012) afirmam que no Brasil, a prestação do serviço de coleta seletiva pelos municípios ainda é incipiente. Para os autores, existem algumas experiências bem sucedidas em municípios brasileiros, mas na maior parte são programas com baixa abrangência, pontuais em escolas, ou às vezes, apenas pontos de entrega voluntária, que não funcionam efetivamente.

Como já apresentado na análise gravimétrica, o município de João Pessoa possui potencial de reciclagem de 20,60%, a ineficiência do sistema é, provavelmente, por questões administrativas e operacionais, inclusive por parte das associações. Esse valor representa o percentual de resíduos do município que são aceitos pela indústria da reciclagem. A retirada desse material do aterro sanitário e sua devida absorção pela Coleta Seletiva traz vantagens sob vários aspectos, ambientais, sociais e econômicos.

A questão social da expansão programada da coleta seletiva, sempre é benéfica, principalmente quando se tem investimento da prefeitura sem cobrar contrapartida. Do ponto de vista ambiental, conseguirá aumentar a vida útil do ASMJP por meio da redução de resíduos (não rejeitos) aterrados indiscriminadamente. Bovea et al (2012) colocam que a evolução e a otimização do processo de coleta seletiva é um parâmetro fundamental para melhorar o comportamento ambiental de um sistema de gestão de resíduos.

Segundo o PMGIS o sistema integrado de destinação final dos resíduos sólidos proposto para a área metropolitana de João Pessoa – PB prevê a disposição de receber 1100t/dia dos resíduos sólidos urbanos no primeiro ano, até absorver a produção gerada em 21 anos, que é prevista para 8.431.500 toneladas (JOÃO PESSOA, 2014).

Expandindo a coleta seletiva em 20,60%, essa média diária de aterramento cai para 896,15 toneladas por dia por meio da destinação final ambientalmente correta de 232,50 toneladas por dia, ou seja, as 2.423.046,97 toneladas só serão alcançadas em 8,03 anos.

A identificação de rotas tecnológicas em análises de modelos de gestão torna mais simples o sistema e a montagem de estratégias a serem estudadas em processo decisório. É, portanto, um caminho de soluções que envolve várias dimensões, explora técnicas diversas e relevantes.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Como visto, o município de João Pessoa possui duas rotas tecnológicas, RTS e RTC, as quais têm como componentes a geração de resíduos, as coletas seletiva e convencional, a triagem nos galpões dos bairros e do aterro, a reciclagem e a destinação final no aterro sanitário.

A rota tecnológica da coleta indiferenciada do município está formulada de acordo com os percursos da coleta convencional que cobre, segundo o PMGIRS em João Pessoa (2014), noventa e seis por cento do município. Partindo da geração dos resíduos nas residências, comércios, mercados públicos e feiras livres, as coletas indiferenciada (convencional) e a diferenciada (seletiva) formalizam o início da Rota Tecnológica. A coleta convencional tem como destino final o ASMJP. Os resíduos de alguns caminhões (4,73%), após passarem pela balança na entrada do aterro, são interceptados para serem triados em uma unidade de triagem da Associação dos Trabalhadores de Materiais Recicláveis – ASTRAMARE, que se localiza na área do aterro, os rejeitos seguem para a célula em operação e os recicláveis para a indústria. A Coleta Seletiva compõe a etapa da Rota Tecnológica que fornece o único tratamento disponibilizado no município de João Pessoa para os RSU. Ao todo, 20,12% da população da capital recebe cobertura da coleta seletiva.

Da coleta convencional os resíduos seguem para o aterro sanitário que também recebe os rejeitos dos galpões de triagem do aterro e da coleta seletiva. A quantidade de resíduos a ser tratada e disposta influi no porte e no tipo das unidades a serem instaladas, por isso um primeiro parâmetro a ser considerado na decisão de investir em uma determinada tecnologia de tratamento, e conseqüente determinação de rotas tecnológicas para um determinado município, é a sua massa de resíduos. Assim, foi determinada a massa de resíduos domiciliares/comerciais/públicos de João Pessoa, através de uma série histórica mensal de dois anos, 2014 e 2015, os quais apresentam uma média de 20.333,26 toneladas por mês. A geração per capita de resíduos sólidos urbanos domiciliares/comerciais/públicos de João Pessoa foi calculada em 0,89 kg/hab*dia.

Outras considerações merecem destaque neste trabalho, como a relação direta do tamanho do percurso e a quantidade de resíduos coletada. Para a coleta convencional dos resíduos são percorridos mensalmente 104.520,55 quilômetros, que geram uma taxa de 5,14 km/tonelada para a coleta de resíduos sem qualquer forma de tratamento. Após análise dos quantitativos dos resíduos, também são analisadas suas características gravimétricas. O conhecimento da composição dos resíduos sólidos do município delinea a escolha das possíveis formas de tratamento de acordo com a caracterização do agente poluidor sobre sua origem e geração.

Para fins de estudo da rota tecnológica de tratamento e disposição final de João

Pessoa, fez-se uma ampla pesquisa acerca da Coleta Seletiva que é o componente de tratamento físico da rota. Assim, foram coletados dados que propusessem o diagnóstico da coleta seletiva do município de João Pessoa. As informações levantadas permitiram compor um cenário acerca da realidade dessa atividade no município, suas divisões operacionais, equipes de trabalho, custos, produções e rendimentos.

A equipe de atuação da coleta seletiva de Joao Pessoa ainda é muito incipiente, um município com 787.363 habitantes conta com apenas 169 agentes de coleta seletiva, com uma proporção de 4.658,95 habitantes para cada agente de coleta. A área do município de João Pessoa é de 18.860,40 ha, considerando a área de cobertura da coleta seletiva nos dos bairros participantes de 3.877,30 hectares, tem-se a proporção da área do município coberta pela coleta seletiva, que representa 20,56% da área total do município.

Assim, após análises técnica e ambiental da gestão dos RSU do município de João Pessoa, foram levantadas propostas de rotas tecnológicas com técnicas de tratamento e disposição final conforme a situação local, aspectos sócio, culturais e econômicas da população, tecnologias de tratamento aplicadas e legislação vigente. O estudo consistiu em confrontar a rota tecnológica existente com possíveis tecnologias identificadas para o perfil do município. Ademais em assim procedendo também há de ser seguido o preconizado pela PNRS nos seus objetivos, a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; e nos seus princípios quando prega a visão sistêmica na gestão dos resíduos sólidos, considerando as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública.

REFERÊNCIAS

ALVES-MAZZOTI, Alda Judith; GEWANDSZNAJDER, Fernando. *O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa*. 2 ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2011*. São Paulo, 2011. 186p.

BOVEA, Maria Dolores. *Evolution of Environmental Performance in Waste Management in João Pessoa-Paraíba-Brazil*. In: *CONGRESSO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE PROYECTOS*. Valencia, 11-13 de jul. 2012. Anais... Valencia, 2012.

BRASIL. *Instituto de Política Econômica Aplicada (IPEA). Comunicados do IPEA. Comunicado nº 60 - Desigualdade da renda no território brasileiro*. Brasil, 2010a. 17p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2010*. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, v. 7, 2010.

JUCÁ, José Fernando Thomé et al.. *Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão – Produto 12*. Recife:

CCS Gráfica Editora Ltda, 2014. 186p.

JOÃO PESSOA. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), 2014. João Pessoa, 2014. Disponível em:< <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/emlur/plano-municipal-de-residuos-solidos/>> Acesso: 17 out. 2015.

MERSONI, Cristina; REICHERT, Geraldo Antônio. Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida como técnica de apoio à decisão no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no município de Garibaldi/RS. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 5, 2017.

PASCOAL JUNIOR, Alcides; OLIVEIRA FILHO, Paulo Costa de. Análise de rotas de coleta de resíduos sólidos domiciliares com uso de geoprocessamento. Rev. Acad., Ciênc. Agrárias. Ambient, v. 8, n. 2, p. 131-144, 2010.

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

Data de aceite: 06/01/2020

Data de submissão: 15/10/2019

Fabíola Esquerdo de Souza

Graduada em Engenharia Ambiental pelo Centro Universitário do Norte (UNINORTE) e Pós Graduada em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Faculdade Unyleya.
<http://lattes.cnpq.br/2113338091535215>. Manaus/AM.

Solange dos Santos Costa

Graduada em Geologia pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Mestrado e Doutorado em Geociências pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Atualmente atua como Professora Adjunta do Curso de Geologia da UFAM.
<http://lattes.cnpq.br/0323104732015498>.

Kemislani de Souza Lima

Graduada em Engenharia Ambiental e Pós Graduada em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo UNINORTE, Graduada em Farmácia e Bioquímica, pela Universidade Nilton Lins. Especialista em Gestão Ambiental, Ciências Ambientais pela UNIASSELVI. Mestranda em Engenharia de Segurança do Trabalho e Higiene Ocupacional pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto/Portugal. Atualmente atua como Profissional Técnico na ECOREDE Engenharia e Serviços em Porto-Portugal.
<http://lattes.cnpq.br/1012544859376289>. Manaus/AM.

RESUMO: O geoprocessamento vem expandindo-se entre os gestores de limpeza pública, como no caso do planejamento das rotas de coletas, onde podem ser analisadas as condições econômicas e sociais. Com base em resultados confiáveis, os gestores da limpeza pública utilizam as informações como auxílio na tomada de decisão, por meio do mapeamento dos dados de campo e propostas de planejamentos que são obtidos a partir do uso de geoprocessamento. Considerando a quantidade de resíduos retirados dos igarapés da cidade de Manaus e o investimento das verbas públicas utilizado para este serviço, esta pesquisa tem como objetivo propor a utilização de geoprocessamento como uma ferramenta para auxiliar na tomada de decisões quanto ao planejamento de resíduos sólidos da área urbana de Manaus. Os procedimentos metodológicos empregados nesta pesquisa foram: pesquisa bibliográfica, pesquisa de campo e processamento dos dados. A partir do geoprocessamento, foram obtidos mapas temáticos que podem auxiliar na tomada de decisões quanto ao o planejamento, gestão e monitoramento da área de estudo. A zona oeste foi a região com maior quantidade de resíduos recolhidos dos igarapés. Esta zona possui bairros com pouca concentração de habitações e áreas verdes preservadas na porção norte e também bairros populosos e ambientalmente

degradado na porção s Apesar da sociedade ter o conhecimento da existência e os problemas causados pelo descarte indevido de resíduos sólidos no sistema de drenagem, existem poucas pesquisas que quantifiquem este tipo de problema, ou seja, que relatem a quantificação dos resíduos retirados da drenagem urbana das grandes cidades. Neste trabalho foi constatado que por meio de técnicas de geoprocessamento é possível contribuir para a elaboração de diagnósticos ambientais, subsidiando o desenvolvimento do município e conseqüentemente ofertar melhores condições de vida para a população.

PALAVRAS-CHAVE: SIG, resíduos sólidos, igarapés, degradação ambiental, Manaus.

GEOPROCESSING IN SOLID WASTE PLANNING: A TOOL TO ASSIST IN DECISION MAKING

INTRODUÇÃO

A degradação da qualidade ambiental urbana surge à medida que há um crescimento populacional nas cidades, sobretudo a população da zona rural que migra para as capitais em busca de trabalho e melhores condições de vida, propiciando dessa forma uma problemática nas cidades brasileiras, como a falta de moradia, escolas, empregos, saneamento básico e saúde de forma equilibrada a população, como rege o Art. 225 da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 2010), sendo dessa forma, os principais fatores de impactos negativos para o meio ambiente.

O crescimento das cidades tem aumentado significativamente no decorrer dos anos, e isso tem exigido cada vez mais a ampliação dos conhecimentos sobre geoprocessamento dos gestores, possibilitando desta forma, a integração de um maior número de informações, aperfeiçoando a gestão do território. Considerando o aumento da população do município e os valores gastos pela prefeitura mensalmente, quanto a coleta e destinação final dos resíduos sólidos urbanos, o uso de técnicas de geoprocessamento proporciona uma melhor visão do território e da gestão de resíduos sólidos, auxiliando os gestores na tomada de decisão (MEDEIROS *et al.*, 2012).

O geoprocessamento vem expandindo-se entre os gestores de limpeza pública, como por exemplo, no caso do planejamento das rotas de coletas, levando em consideração nas análises diversos parâmetros, tais como, as condições econômicas e sociais (BRAGA, 2009). Com base em resultados confiáveis, os gestores da limpeza pública utilizam as informações como auxílio na tomada de decisão, por meio do mapeamento dos dados de campo e propostas de planejamentos que são obtidos a partir do uso de geoprocessamento (BRAGA *et al.*, 2008).

A utilização de técnica de geoprocessamento nos processos de tomada de

decisão podem possibilitar economia ou até mesmo aumento de recursos financeiros. Dependendo do planejamento, o uso de verbas pode não trazer retorno financeiro, porém, pode proporcionar outros tipos de benefícios, tal como, oferecer melhores serviços à população e melhor imagem à organização (SOARES e MORAVIA, 2015). Os estudos urbanos que utilizam técnicas de geoprocessamento facilitam a geração de banco de dados que auxilia na solução de problemas relacionados à urbanização e suas constantes transformações (FONSECA *et al.*, 2013).

Para Donha *et al.*, (2006), a tecnologia atrelada ao Sistema de Informações Georreferenciadas (SIG) tem sido utilizada em vários setores como uma ferramenta importante para o planejamento ambiental, visto que a avaliação integrada de um grande número de variáveis torna-se mais simples e mais fácil com o uso deste tipo de sistema; permitindo desta forma, a geração de informações intermediárias e conclusivas, além de possibilitar novas inclusões e interações de variáveis a qualquer tempo. Segundo Gough e Waer (1996), as decisões referentes às questões ambientais requerem de seus decisores uma tomada de decisão mais coerente e comprometida com o atendimento de vários aspectos, tais como, defesa, economia e técnicas. Por isso, o grau de incerteza é uma das características frequentemente relacionada às decisões ambientais.

Considerando a quantidade de resíduos retirados dos igarapés da cidade de Manaus e o investimento das verbas públicas utilizado para este serviço, esta pesquisa tem como objetivo utilizar o geoprocessamento como uma ferramenta auxiliar na tomada de decisões, quanto ao planejamento de resíduos sólidos nos igarapés da área urbana de Manaus.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O Estudo ocorreu na cidade de Manaus, capital do Estado do Amazonas, está localizada na microrregião denominada Médio Amazonas, sua posição geográfica é de 03° 06'07" de latitude Sul e 60° 01'30" de longitude Oeste (Figura 1). Com uma população de 2.020.301 habitantes em 2014 (IBGE, 2015).

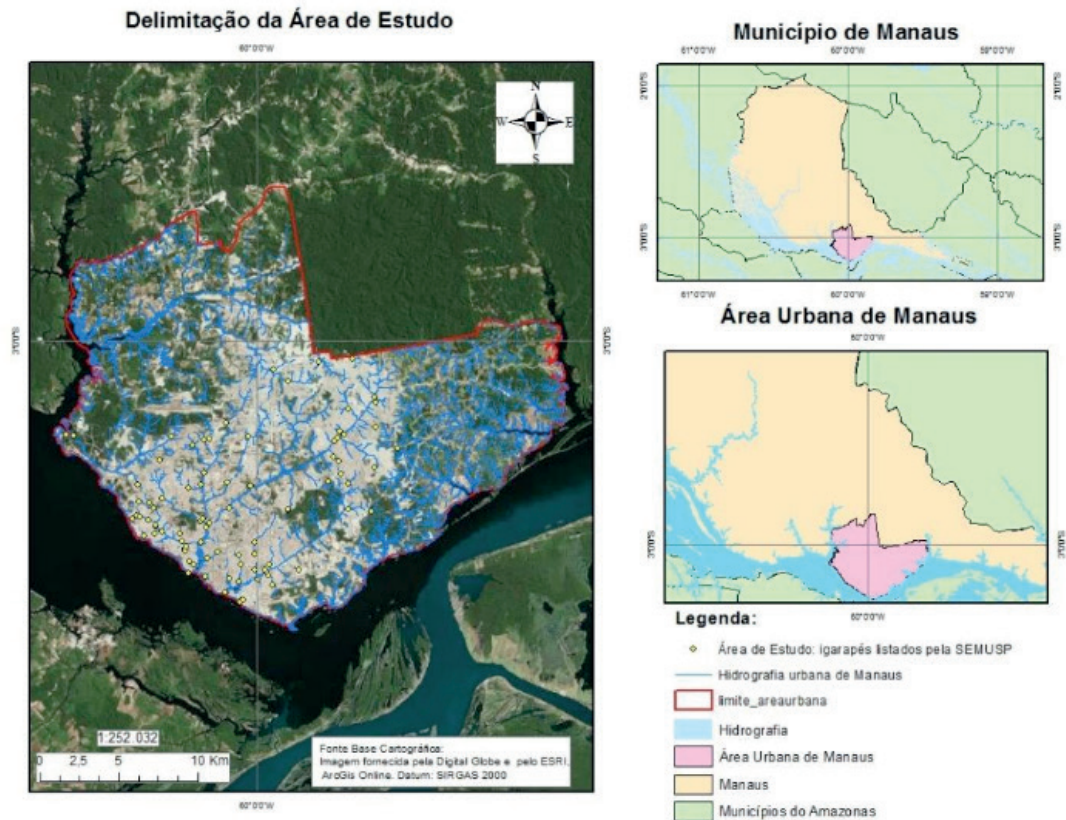


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.

Fonte: Elaborado pela autora.

MÉTODOS

Para a realização desta pesquisa, o procedimento metodológico adotado consistiu em: pesquisa bibliográfica, pesquisa de campo e processamento dos dados, conforme ilustrado na Figura 2.

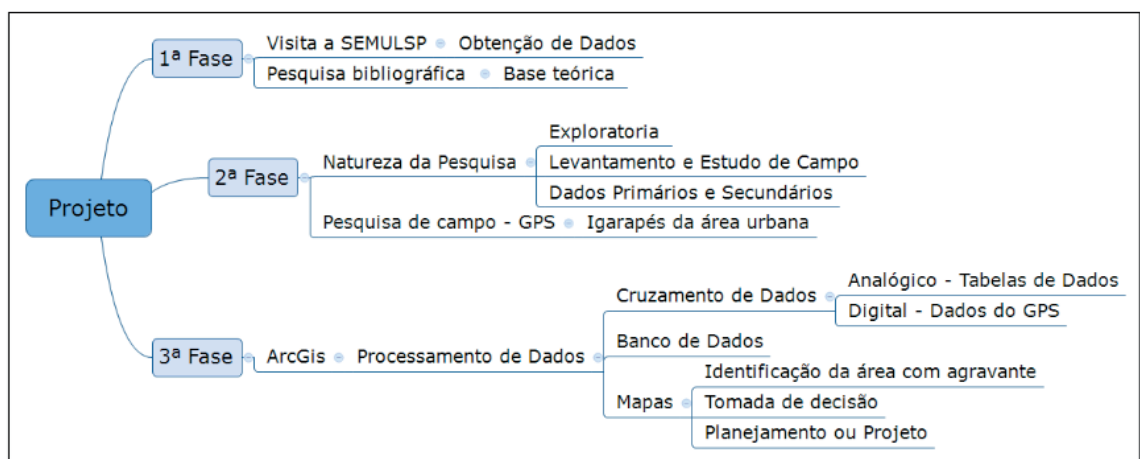


Figura 2 - Etapas da pesquisa.

RESULTADOS

Os resultados serão apresentados de acordo com os seguintes itens:

Aspectos ambientais da área de estudo

A observação em campo foi de suma importância para a pesquisa, onde foram realizadas as análises das condições ambientais do lugar. A maioria das ruas dos bairros visitados possuem serviços de drenagem e pavimentação, auxiliando na melhoria dos sistemas de coleta e esgotamento sanitário, no entanto, algumas ruas próximas à área de drenagem urbana não foram beneficiadas com esse tipo de serviço e encontram-se em condições precárias. A população que reside nas proximidades dos igarapés pertence à classe social baixa e mora em edificações do tipo palafita, embaixo das casas são encontradas grandes quantidades de resíduos. Nota-se que, além do material despejado pelos próprios moradores, em período de cheia a água faz com que mais resíduos cheguem a estes locais e no período de vazante eles ficam depositados no solo abaixo das palafitas.

Constatou-se a existência de resíduos em locais inadequados e a carência de saneamento básico nessas áreas, onde o despejo do esgoto é de forma direta, ou seja, por fossa negra e seu esgoto de lavagem de louças e roupas são ligados de forma direta nos igarapés por meio de tubulação de aproximadamente uma polegada. Todos os problemas observados indicam que esses locais são propícios à proliferação de vetores que podem transmitir doenças. Além desses aspectos, foi observado que a maioria dos moradores não possuem uma boa qualidade de vida e apresentam um baixo grau de escolaridade.

Localização dos igarapés listados pela SEMULSP

Durante as visitas a campo foram identificados e georreferenciados 84 igarapés listados na figura abaixo na área urbana da cidade de Manaus, o mapeamento foi realizado de bairro a bairro por meio dos dados disponibilizados pela SEMULSP. Com os resultados processados, foi observado que alguns dos pontos levantados encontram-se a uma distância bem próxima um dos outros, não ultrapassando a área urbana da cidade.

Do mesmo modo foi constatado que a nomenclatura dos igarapés é alterada à medida que ultrapassa o limite de um bairro, e tais nomenclaturas são confusas dentro da própria SEMULSP, como é o caso do igarapé do Mindu que nasce no Bairro Alfredo Nascimento e percorre vários bairros, porém quando chega a outro determinado bairro recebe nova denominação, porém, trata-se do mesmo igarapé. Outro exemplo, é o igarapé do Franco que percorre a Avenida Brasil em um momento é chamado de igarapé do Franco e em outro chamado de igarapé da Avenida Brasil, provavelmente isso venha a ocorrer devido à retirada de resíduos em vários trechos do mesmo igarapé.

Quantificação dos resíduos retirados dos igarapés

A Figura 3 mostra o resultado da quantidade de resíduos sólidos que são recolhidos dos igarapés do Município de Manaus durante o ano de 2014. Os maiores valores foram encontrados nos igarapés próximos ao Rio Negro, com uma quantidade bem mais elevada de que comparados aos igarapés que drenam os bairros.

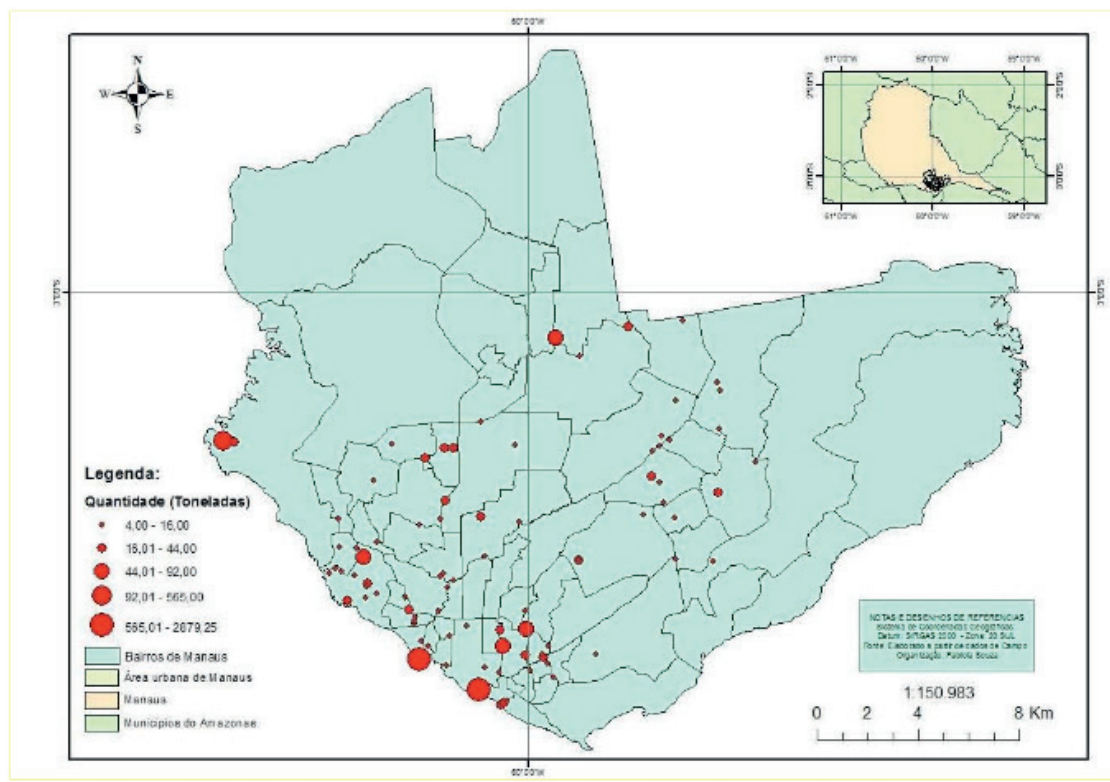


Figura 3 - Quantidade de resíduos retirados dos igarapés de Manaus em 2014.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados de campo.

Além disso, a quantidade poderá ter origem de outros lugares, sendo que o rio é um meio de transporte muito utilizado na região, muitos resíduos são despejados nas margens dos rios e a correnteza transporta para à margem da cidade, mas isso não significa que essa seja a única origem, vale ressaltar que os moradores que residem próximos a margem também despejam seus resíduos nos igarapés ocasionando desta forma uma elevada quantidade de resíduos.

De acordo com Blume e Machado (2006), o SIG por meio de métodos de geoprocessamento dos dados, permite estipular o evento estudado em várias correlações, como por exemplo um problema e seu entorno como econômica, social e ambiental, transformando dados quantificáveis em informações que conseguirão ser trabalhadas tanto de forma quantitativa quanto qualitativa através de mapas temáticos, seguindo essa desta forma, nesta pesquisa.

Divisão por zonas administrativas de Manaus

Para um melhor entendimento sobre os resultados quanto à localização, zona geradora e da quantidade de resíduos retirados dos igarapés, as informações coletadas durante o trabalho de campo, foram especializadas de acordo com as zonas administrativas definidas pelo Plano Diretor de Resíduos Sólidos de Manaus-PDRS-Manaus (IBAM, 2010), com o objetivo de subsidiar um melhor planejamento e identificar soluções para os problemas em questão.

Conforme o PDRS-Manaus (IBAM, 2010) a cidade é dividida em Unidades Operacionais (UO) - foi utilizado à divisão por UO na realização de Planos Setoriais para varrição, coleta regular e seletiva, de limpeza de igarapés e tratamento dos resíduos mostrando desta maneira uma forma de organizar e planejar a estratégia que possibilita uma análise mais precisa da realidade de cada setor, favorecendo assim a participação da sociedade nas implantações de ações que irão contribuir para a melhoria dos serviços e para a própria sociedade.

Em Manaus foi recolhido 7.529 toneladas de resíduos sólidos dos igarapés e a cidade possui seis zonas administrativas divididas geograficamente, integrando essas informações aos dados obtidos em campo foi possível realizar a separação da quantidade de resíduos retirados dos igarapés por zonas conforme representado na Tabela 1 e Figura 4.

Zonas	Quantidade de Igarapés (Und)	Quantidade de Resíduos (Ton)	Porcentagem (%)
Sul	21	3.184,97	42,30
Norte	9	172,00	2,28
Leste	14	184,00	2,44
Oeste	21	3.748,25	49,78
Centro - Sul	4	67,60	0,88
Centro - Oeste	15	173,00	2,29

Tabela 1 - Quantidades de resíduos retirados dos igarapés dividido por zonas da cidade de Manaus 2014.

Fonte: Organizado pela autora a partir de dados da SEMULSP e dados de campo.

O geoprocessamento tem sido utilizado como base de diversos estudos, análises, técnicas e métodos de apoio à tomada de decisões determinando-os para averiguações de planejamento urbano e ambiental dos Municípios (FERREIRA *et al.*, 2014).

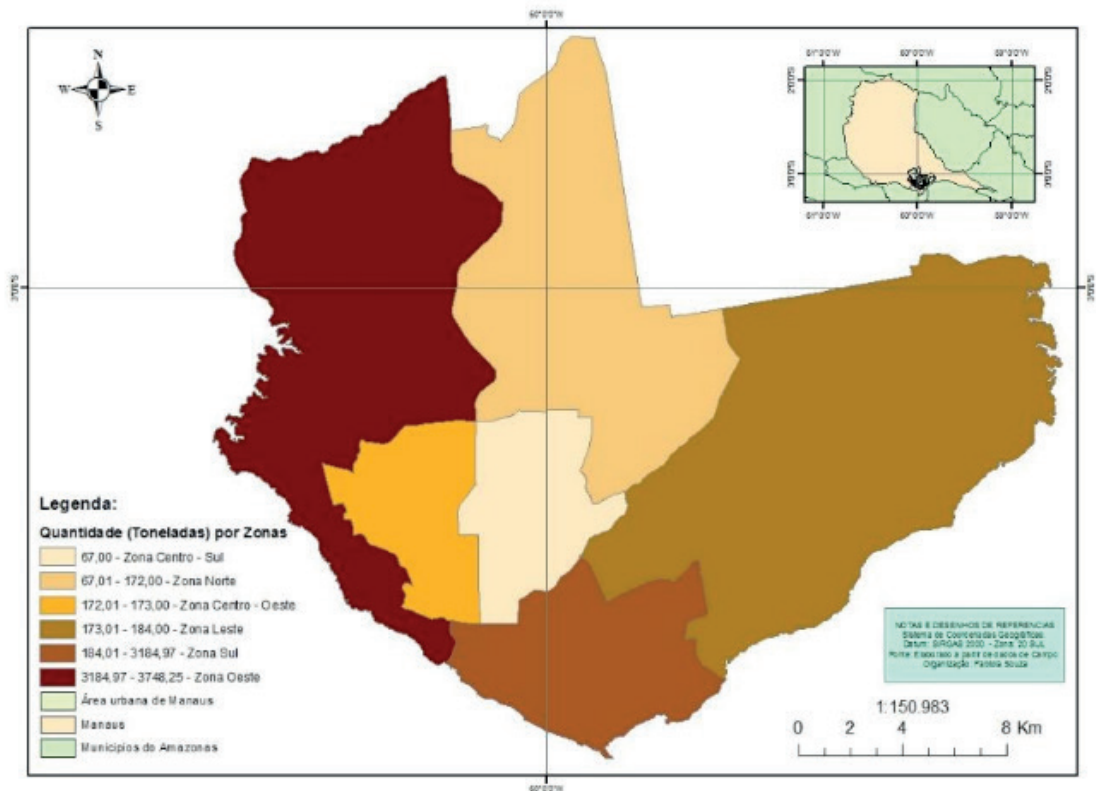


Figura 4 - Quantidades de resíduos retirados dos igarapés de Manaus localizado por zonas administrativas no ano de 2014.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados de campo.

O problema dos resíduos na drenagem urbana não é só da cidade de Manaus, mas sim nível nacional e internacional. Pesquisas têm sido desenvolvidas com o objetivo de identificar e monitorar a fonte causadora e subsidiar os gestores públicos e instituições competentes para tomada de decisão. Com este intuito que o uso do SIG foi introduzido nesta pesquisa, para determinar a distribuição por zonas administrativas a fim de localizar a zona que apresenta a maior contribuição de resíduos para os igarapés da área urbana. A partir desse resultado poderá ser promovido programas e ações para minimizar os impactos causados aos igarapés da cidade de Manaus.

Segundo Brittes *et al.*, (2004), os resíduos sólidos propagados nas redes de drenagem urbana, têm auxiliado para a degradação dos corpos hídricos, tornando necessário a quantificação destas cargas na avaliação do impacto produzido, e ainda comprovam a profunda influência da contribuição de resíduos sólidos com relação ao uso e ocupação da área. No Brasil o volume de resíduos em drenagem urbana tem sido maior que no exterior, sendo que o sistema de drenagem tem sido utilizada como destino final de resíduos sólidos (TUCCI, 2002).

No âmbito da problemática que vivemos nos tempos atuais, a quantidade de resíduos sólidos tem comprometido os recursos naturais das cidades, refletindo assim em uma má qualidade de vida das populações urbanas e rurais (SILVA e

TRAVASSOS, 2008). Desse modo, tornam-se necessárias medidas por parte dos gestores públicos, por meio de planejamento que vise soluções e minimização dos problemas causados pela geração de resíduos sólidos nos igarapés da cidade ou busque um monitoramento dos mesmos, tentando desta maneira oferecer melhores alternativas para os problemas causados pelo acúmulo dos resíduos nos igarapés que drenam a cidade, melhorando dessa forma a qualidade de vida da população.

Na área de estudo, a zona oeste foi a região com maior quantidade de resíduos recolhidos dos igarapés. Esta zona possui bairros com pouca concentração de habitações e áreas verdes preservadas na porção norte e também bairros populosos e ambientalmente degradado na porção sul. Provavelmente a quantidade elevada de resíduos desta zona encontra-se vinculada aos resíduos descartados pela população dos bairros localizados na porção sul, como por exemplo o bairro da Compensa é o quarto bairro mais populoso de Manaus, com 75.832 habitantes e em uma área de 1.293 hectares, na qual as margens de seus igarapés são habitadas por moradores do bairro, onde uma grande quantidade de resíduos são despejados nos mesmos e transportados pelos igarapés do bairro, esses resíduos chegam às áreas dos igarapés da Marina, do Davi e São Raimundo, aumentando desta forma a quantidade de resíduos retirados da zona oeste.

Verbas públicas utilizadas com a retirada de resíduos dos igarapés

No Plano Diretor de Resíduos sólidos a questão dos resíduos retirados dos igarapés não depende apenas do poder público, mas de todas as pessoas. Normalmente a sociedade mostra apenas a preocupação com a limpeza de suas residências, porém, quanto às vias públicas não existe um mínimo de cuidado. Nota-se que, não existe a percepção de que as vias públicas pertencem a todos, e que para usufruir das mesmas, faz-se necessário contar com o cuidado e zelo de cada cidadão. Infelizmente, faltam ações de bom senso de coletividade e maturidade enquanto membros de uma sociedade.

Segundo o Secretário Municipal de Limpeza Pública no primeiro trimestre de 2014 foram gastos R\$ 2.099.061,50 milhões na retirada de 1.992 toneladas de resíduos sólidos em uma extensão de 21,25 quilômetros de igarapés. No mesmo período do ano de 2013, a Prefeitura havia gasto R\$ 1.902.103,5 milhão com o mesmo serviço em 2.400 toneladas de resíduos. Já no primeiro trimestre de 2015 retirou-se 2.100 toneladas de resíduos, 43,9% a mais que o mesmo período do ano passado. Ainda neste ano a equipe de limpeza percorreu em média, uma extensão de 32 quilômetros o que corresponde a aproximadamente 69 toneladas de resíduos coletados por quilômetros, custando em média de R\$ 990,5 mil por mês para os cofres da Prefeitura (Figura 5).

A coleta de resíduos é uma das atividades mais importantes desenvolvidas dentro do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos. Nesta ação encontram-se inseridos os altos custos operacionais envolvidos, tais como, equipamento e mão de obra. Onde são utilizados recursos de orçamento municipal para a destinação de coleta e do transporte dos resíduos, portanto, essas operações e serviços bem planejados são significativos para a administração da cidade (BRASILEIRO e LACERDA, 2002).

A análise ambiental é importante para que se possa ter uma direção correta do planejamento urbano com a adequação dentro dos aspectos legais e ambientais junto ao meio ambiente e sociedade, visando dessa forma à saúde pública e ambiental. As áreas de drenagens são de fundamental importância para a cidade, por este motivo elas precisam de atenção especial de seus governantes.

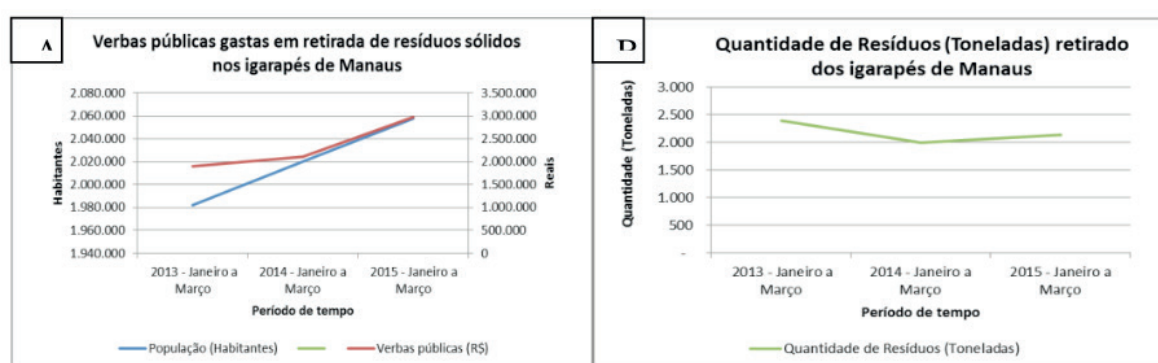


Figura 5 – (A) Verbas públicas utilizadas na limpeza de Igarapés. (B) Quantidade de resíduos retirados dos igarapés.

Fonte: SEMULSP e organizado pela autora.

Nos últimos anos tem aumentado a verba para a retirada de resíduos dos igarapés da cidade de Manaus, a partir da espacialização dos dados será possível propor o planejamento de rotas para pontos de coleta mais adequados, visando desta forma a minimização dos impactos ambientais e dos cofres públicos. Deste modo, deve-se adotar medidas para que a sociedade se sensibilize em favor do ambiente, saúde e economia. Quanto menos resíduos depositados nos igarapés mais verbas poderão ser disponibilizadas para a saúde e a educação.

Para análise ambiental, o geoprocessamento é a ferramenta mais utilizada para o planejamento, gestão e monitoramento, na análise de qualidade de um ambiente e na disposição irregular dos resíduos sólidos, porém tem sido pouco utilizada na definição de políticas públicas e diretrizes na gestão governamental. Portanto, ao identificar com precisão as áreas afetadas por determinados impactos, há um melhor planejamento de suas ações (FONSECA *et al.*, 2013). Por esta razão utilizou-se esta ferramenta para identificar os igarapés geradores de resíduos e auxiliar no planejamento ambiental dos igarapés em relação à questão dos resíduos sólidos.

Segundo Tucci (2004), o ideal é que o Plano Diretor de Drenagem Urbana utilize o conjunto de informação para que se obtenha um banco de dados informatizado por meio do SIG.

Sugestões de melhoria para os resíduos sólidos dos igarapés

O controle da poluição dos recursos hídricos tem sido utilizado por vários autores que tem estudado o caso, buscando desta forma estruturas de dispositivos e medida para minimizar os impactos causados aos corpos d'água. Tucci (2002) vêm analisando através de planejamento de drenagem o uso de telas e grades para retenção de plásticos, pets, latas, etc. E ainda busca junto à população a realização de palestras para a conscientização no que se refere ao destino correto do lixo urbano.

Tucci, (2002) sugeriu à criação de um programa para monitoramento na qual a sociedade e a secretaria responsável pelo serviço de limpeza possam estar envolvidos. A participação da população busca a conscientização de todos os que residem ao entorno dos cursos d'água, com a intenção de fazer a interação entre o homem e seu habitat, no qual a população tem a responsabilidade sobre o ambiente em que vive. Além disso, ela torna-se papel importante para alcançar o êxito do trabalho, pois a parceria entre todos é de suma importância.

O monitoramento será realizado mensalmente em parceria com a equipe responsável pela limpeza e a comunidade envolvida, onde os resíduos retirados da estrutura serão quantificados e qualificados e todos terão a ciência do mesmo procurando desta forma encontrar os responsáveis pelo problema. Refletindo assim a carência da comunidade, entendimento do problema e efetivação entre os grupos (ARNOLD e RYAN, 1999).

Na área de estudo, sugere-se como teste para a implantação do método proposto por Tucci (2002), o bairro da Compensa, localizado na Zona Oeste da cidade, trata-se do quarto bairro mais populoso de Manaus, com 75.832 habitantes e em uma área de 1.293 hectares, fazendo limite com os bairros de Santo Agostinho, Nova Esperança, São Jorge, Vila da Prata, Santo Antônio, São Raimundo e a orla do Rio Negro.

A escolha do bairro foi devido ser um dos maiores de quantidade de resíduos sólidos retirados de seus igarapés com um total de 208 toneladas de resíduos sendo que 164 toneladas foram do igarapé do Franco e da Avenida Brasil, 8 toneladas da Vila Marinho e 36 de outros igarapés do bairro. Com o intuito de auxiliar na melhoria da questão dos resíduos sólidos sugere-se a implantação de um projeto piloto que contemple a instalação de três estruturas de telas no igarapé da Avenida Brasil, este local foi selecionado devido a grande quantidade de resíduos retirados do mesmo e

pela sua localização.

O objetivo principal para implantação do projeto piloto de estrutura de monitoramento (Figura 6) do igarapé da Avenida Brasil é criar um referencial para toda a área urbana, que permita termos um balizamento com os outros igarapés da cidade de Manaus para que possa minimizar a quantidade de resíduos retirados dos mesmos. Para atingir este objetivo principal se faz necessário uma ação integrada que contemple os seguintes objetivos específicos.

Os objetivos do programa de monitoramento, segundo Neves e Tucci (2008) foram os seguintes:

- Estabelecer cargas de poluentes grosseiros que atingem os sistemas de drenagem urbana durante o evento da chuva;
- Identificar os fatores que influenciam as cargas de poluentes grosseiros e investigar os tipos de materiais que se origina de diferentes tipos de uso do solo;
- Educação ambiental visando despertar o interesse dos moradores na melhoria da sua qualidade de vida como consequência da nova atitude especialmente com relação ao lixo e esgoto lançado no rio;
- Conscientização e envolvimento pela comunidade da necessidade do saneamento básico, vigente na Constituição de 1988;
- Instalar um trabalho de Rede com as Escolas e Creches do Bairro da Compensa para incluir os moradores de áreas de difícil acesso no serviço de Coleta de Lixo oferecido pela SEMULSP;
- Avaliação e divulgação permanente da qualidade do igarapé da Avenida Brasil em seus três trechos ao longo da implementação do projeto piloto e verificar e recuperar as redes de drenagem da área de estudo.



Figura 6 - Sugestão de um projeto piloto para o igarapé do Franco no bairro Compensa.

Fonte: Elaborado pela autora.

Observação: Para a sugestão da construção do projeto piloto é necessário um estudo da área antes da implantação, como a vazão, precipitação, tamanho do igarapé tanto largura quanto comprimento e outros estudos.

CONCLUSÃO

A partir da identificação geográfica foi possível detectar o problema e suas condições ambientais sociais e econômicas. Por meio da quantificação dos resíduos recolhido dos igarapés pode ser observado onde ocorreu a maior concentração, isso ajudou a quantificar os lugares com degradação do corpo hídrico. A zona Oeste e a Zona Sul foram as que mais tiveram recolhimento de resíduos dos seus igarapés em relação à área urbana da cidade.

Nos últimos anos houve um aumento na verba para coleta de resíduos dos igarapés da cidade de Manaus. Com a espacialização dos dados foi possível detectar as zonas onde podem ser implantadas as campanhas de conscientização quanto ao descarte de resíduos sólidos, visando desta forma a minimização dos impactos ambientais e dos cofres públicos. Conseqüentemente mais verbas poderiam ser disponibilizadas para a saúde e a educação. Foi sugerido a instalação de estruturas de grade no igarapé do Franco por se tratar da área de maior concentração de

resíduos sólidos removidos pela SEMULSP durante a pesquisa.

A técnica de geoprocessamento contribuiu para geração de diagnósticos ambientais. Portanto, para tomar qualquer decisão em relação a um problema deve-se conhecer a realidade local. Dessa forma, o geoprocessamento não é um tomador de decisão, mas sim a ferramenta de auxílio na tomada da mesma.

REFERÊNCIAS

ARNOLD, G. e RYAN. P. **Marine Litter originating from cape Town's residential, comercial and industrial áreas: the connection between street litter and storm-water debris.** Aco-operative community approach. Island Care New Zeland Trust, C/-Department of Geography, The University of Auck Fitz Patrick Institute, University of Cape Town. Pág. 199. 1999.

BLUME, R.; MACHADO, J.A. **Tomada de Decisão: O Sistema de Informações Geográficas como Ferramenta de Apoio a Gestão de Propriedades Rurais.** XLIV CONGRESSO DA SOBER. "Questões Agrárias, Educação no Campo e Desenvolvimento". Fortaleza, 23 a 27 de Julho de 2006. Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural. Porto Alegre /Rs – Brasil. Pág.5. 2006.

BORN, V. **Avaliação da aptidão de áreas para instalação de aterro sanitário com o uso de ferramenta de apoio à decisão por múltiplos critérios.** Lajeado. Pág. 19. 2013.

BRAGA, J.O. N. **Geoprocessamento Aplicado a Limpeza Urbana.** Manaus. Pág.21 e 52. 2009.

BRAGA, J. O. N.; COSTA, L. A.; GUIMARAES. A. L. TELLO, J. C. R. **O uso do geoprocessamento no diagnóstico dos roteiros de coleta de lixo na cidade de Manaus.** Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. N.4.. Pág. 389. 2008.

BRASIL. CONSTITUIÇÃO (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** 15. ed. rev. ampla. e atual. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2010.

BRASILEIRO, L. A.; LACERDA, M. G. **Análise de uso de SIG no sistema de coleta de resíduos sólidos domiciliares em cidades de pequeno porte.** VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Vitória – ES, 2002.

BRITTES, A. P. Z. *et al.* **Avaliação dos Resíduos Sólidos Veiculados em Sistema de Drenagem Urbana.** In: IV Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. Porto Alegre. V 1.Pág. 1 -8, 2004.

DONHA, A; SOUZA, L. C. P.; SUGAMOSTO, L. **Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte a decisão e SIG.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n 1, pag.175 – 181, 2006.

FERREIRA, F. C.; MOURA, A. C. M.; QUEIROZ, G. C. **Geoprocessamento no Planejamento Urbano.** Minas Gerais. Pág. 10. 2014.

FONSECA, S. F., SANTOS, D. C., HERMANO, V. M., **Geoprocessamento Aplicado a Análise dos Impactos Ambientais Urbanos: Estudos de Caso do Bairro Santo Expedito em Buritizeiro/MG.** Revista de Geografia (UFPE) V 30.No 3, 2013.

GOUGH, J. D.; WAER, J. C. **Environmental Decision – Marking and Lake Management.** Journal of Environmental Management, Berkeley, n.48. Pag.1 – 15, 1996.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br> >. Acesso as 09 :00 em Setembro de 2015.

IBAM - INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Plano Diretor de Resíduos Sólidos de Manaus**. Manaus, Julho. Pág. 56 a 58. 2010.

MEDEIROS, M. C. S.; SILVA, A. L.; FREITAS, J. P.; DAMASCENO, J. D. **O uso de Técnicas de Geoprocessamento e Estatística como Ferramenta para Gestão Municipal**. Revista Eletrônica do Curso de Geografia – Campos Jutai UFJ. Jutai – GO, n.18, Jan – Jun/2012.

NEVES, M. G. F. P.; TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento integrado em drenagem urbana: quantificação e Controle de resíduos**. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Págs. 9,10 e 15. 2008.

SEMULSP. SECRETARIA MUNICIPAL DE LIMPEZA PÚBLICA DE MANAUS. Prefeitura Municipal de Manaus. Manaus. 2015.

SILVA, L. S.; TRAVASSOS. L. **Problemas ambientais urbanos: desafios para a elaboração de políticas públicas integradas**. 2008. Disponível em: < http://www.cadernosmetropole.net/download/cm_artigos/cm19_118.pdf>. Acessado: em 06 de outubro de 2015.

SOARES, C. G. MORAVIA, R..V. **Utilização de Ferramentas Georreferenciadas para auxiliar na tomada de decisão**. Disponível em: < http://revistapensar.com.br/administracao/pasta_upload/artigos/a125.pdf>. Acessado: em 05 de outubro de 2015.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V.7, n.1. ABRH. Jan/Mar. 2002

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**. Ciência e Aplicação. 3 edição. Porto Alegre. Editora da UFRGS/ABRH, 2004.

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

Data de aceite: 06/01/2020

Cristiane da Costa Gonçalves de Andrade

Supervisora de Relação Porto Cidade e Meio Ambiente da Companhia Docas do Pará.

Belém – PA

Paula Danielly Belmont Coelho

Universidade Federal do Pará.

Belém – PA

Ana Caroline David Ramos

Universidade Federal do Pará.

Belém – PA

Arthur Julio Arrais Barros

Universidade Federal do Pará.

Belém – PA

Natã Lobato da Costa

Universidade Federal do Pará.

Belém – PA

RESUMO: No estado do Pará, a Companhia Docas do Pará – CDP, é responsável pela administração e exploração comercial das unidades Portuárias do Estado. Após a promulgação da Lei n.º 12.305/2010, a CDP teve que elaborar o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS, com vistas a promover gestão dos resíduos desde a geração até a destinação final no âmbito de suas Unidades Portuárias. O presente trabalho visa realizar um paralelo entre a situação e

destino dos resíduos sólidos de atividades de transporte no Porto de Belém, operado pela CDP, antes e depois da implementação do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. A metodologia adotada consistiu nas seguintes etapas: diagnóstico da situação do gerenciamento dos resíduos sólidos de atividades de transporte no Porto de Belém antes da implementação do Plano; levantamento das diretrizes e dos principais procedimentos instituídos pelo PGRS; análise da situação atual do gerenciamento de resíduos sólidos de atividades de transporte no Porto de Belém, mensurando o impacto ocasionado pelo PGRS. Dentre os resultados alcançados, ao pôr em prática o PGRS do porto, a CDP adquiriu e instalou em todas as áreas internas, comuns e operacionais do Porto de Belém coletores seletivos, bem como caixa coletora de pilhas e baterias, também investiu em programa que compreende ações que visam a sensibilização da comunidade portuária com palestras, oficinas, o que resultou na progressiva redução do montante de resíduo gerado; imprimindo impacto positivo que o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos representa nas dependências da instituição.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos urbanos, portos fluviomarinhos paraenses, gerenciamento de resíduos sólidos de atividades de transporte.

SOLID WASTE MANAGEMENT FROM TRANSPORT ACTIVITIES: CASE WASTE MANAGEMENT CASE STUDY MANAGED BY THE DOCAS PARÁ COMPANY

ABSTRACT: In the state of Pará, Companhia Docas do Pará - CDP is responsible for the management and commercial operation of the State Port Units. Following the promulgation of Law N^o. 12.305/2010, CDP had to elaborate the Solid Waste Management Plan – PGRS, in order to promote waste management from generation to final disposal within its Port Units. This paper aims to draw a parallel between the situation and destination of solid waste from transportation activities at the Port of Belém, operated by CDP, before and after the implementation of the Integrated Solid Waste Management Plan. The adopted methodology consisted of the following steps: diagnosis of the solid waste management situation of transport activities in the Port of Belém before the implementation of the Plan; survey of the guidelines and main procedures instituted by PGRS; analysis of the current situation of solid waste management of transport activities in the Port of Belém, measuring the impact caused by PGRS. Among the results achieved, by implementing the port's PGRS, CDP acquired and installed selective collectors in all internal, common and operational areas of the Port of Belém, as well as battery collector box, also invested in a program that includes actions aimed at sensitizing the port community with lectures, workshops, which resulted in the progressive reduction of the amount of waste generated; noting positive impact that the Integrated Solid Waste Management Plan represents on the premises of the institution.

KEYWORDS: Urban solid waste; river ports of Pará; solid waste management from transportation activities.

1 | INTRODUÇÃO

A NBR 10.004 define resíduos sólidos como aqueles provenientes de atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas, de serviços e de varrição, podendo estar no estado sólido e semissólido (ABNT, 2004). Enquanto isso, a Lei n.º 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, define que são considerados resíduos sólidos de atividades de transporte aqueles que são originados em portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários, ferroviários e passagens de fronteiras (BRASIL, 2010).

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos apresenta as mais diversificadas naturezas de resíduos sólidos gerados nos portos brasileiros, tais como ferragens; resíduos de refeitório, dos serviços de bordo; óleos; resíduos orgânicos; resíduos químicos; material de escritório; resíduos infectantes; cargas em perdimento, apreendidas ou mal acondicionadas; sucatas; papel/papelão; vidro, plásticos e embalagens em geral; resíduo sólido contaminado de óleo; resíduo aquoso contaminado com óleo; pilhas e baterias; lâmpadas, acúmulo de grãos; resíduos

resultantes das operações de manutenção do navio (embalagens, estopas, panos, papéis, papelão, serragem) ou provenientes da mistura de água de condensação com óleo combustível.

Em 2008, a Resolução n.º 56 do Ministério da Saúde dispôs sobre o regulamento técnico de boas práticas sanitárias no gerenciamento de resíduos sólidos nas áreas de portos, aeroportos, passagens de fronteiras e recintos alfandegados (BRASIL, 2008). Ainda nessa resolução, foram previstas as boas práticas sanitárias quanto ao gerenciamento dos resíduos sólidos de atividades de transporte.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos prevê a elaboração de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, bem como define a gestão integrada de resíduos sólidos como o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

Com extensa rede hídrica, a região Amazônica possui inúmeros portos visando à ampliação de vias de pessoas e de comercialização em níveis nacionais e internacionais. No estado do Pará a Companhia Docas do Pará – CDP, que é uma empresa de economia mista, fundada em 1967, é responsável pela administração e exploração comercial das unidades portuárias do estado. Após a promulgação da Lei n.º 12.305/2010, esta Companhia teve que construir o seu Plano de Gerenciamento de Resíduos sólidos, com vistas a organizar e prever a destinação dos resíduos no âmbito dos Portos no Estado do Pará.

Conforme Barros (2016), o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos minimiza os impactos ao meio ambiente, ou seja, fazendo o planejamento e prevendo a destinação adequada a cada tipo de resíduo pode-se criar alternativas sustentáveis para os mesmos, bem como diminuir a quantidade direcionada para os aterros sanitários.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo é de comparar o gerenciamento dos resíduos de atividades de transporte no Porto de Belém anterior e posteriormente à implementação do Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PGRS) pela Companhia Docas do Pará (CDP).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa teve como área de estudo o Porto de Belém, localizado no município homônimo (Figura 1). O Porto de Belém foi inaugurado em 02 de outubro de 1909 e está situado a uma distância de 120 km do oceano Atlântico. Sua localização é na margem direita da Baía do Guajará, que é formada pelos rios Mojú, Guamá, Acará e Pará. O acesso hidroviário é através do canal Oriental e o terrestre é pela Avenida Marechal Hermes (PARÁ, 2010).



Figura 1 – Vista superior da localização geográfica da área de estudo.

Fonte: Companhia Docas do Pará (2016).

As seguintes etapas foram desenvolvidas na realização do presente trabalho:

- a) Diagnóstico da situação do gerenciamento dos resíduos sólidos de atividades de transporte no Porto de Belém antes da implementação do Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos;
- b) Levantamento das diretrizes e dos principais procedimentos instituídos pelo Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos;
- c) Análise da situação atual do gerenciamento de resíduos sólidos de atividades de transporte no Porto de Belém, mensurando o impacto ocasionado pelo Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos – PGRS.

3 | RESULTADOS

Diversas atividades contribuem para a geração de resíduos sólidos na área portuária, entre elas, as atividades operacionais relativas à movimentação de cargas destinadas à importação e exportação, as atividades administrativas, além dos resíduos gerados no Terminal Hidroviário do Porto de Belém Luiz Rebelo Neto, inaugurado em 2014, localizado nas instalações do porto, que opera com embarcações fluviais intermunicipais e interestaduais.

Anteriormente à concepção do Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos no Porto de Belém, os resíduos gerados na movimentação de cargas eram coletados, transportados e destinados pela própria administração portuária. Enquanto isso, os resíduos gerados nas embarcações eram gerenciados conforme procedimentos definidos em recomendações adotadas pela Companhia Docas do Pará. Por fim, os demais resíduos gerados no porto eram destinados em coletores distribuídos ao longo das diversas áreas do porto, além de que a central de resíduos

existente não era utilizada para fins de armazenamento intermediário dos resíduos.

Para o gerenciamento dos resíduos recebidos de embarcações fluviais e dos gerados no porto, existiam dois contratos diferentes para coleta, transporte e destinação final: uma para resíduos do tipo Classe II-A e do tipo Classe II-B e outro para resíduos perigosos, sendo que para o primeiro caso as coletas ocorriam diariamente e para o segundo, semanalmente.

Para a criação do PGRS do Porto de Belém, foi realizado o acompanhamento in loco das atividades diárias do porto, chegando à seguinte classificação qualitativa de resíduos gerados na área: orgânico, papel/papelão, madeira, metal, plástico, vidro, resíduos de serviços de saúde, resíduos gerais não recicláveis ou misturados, resíduos sólidos contaminados de óleo, papel sanitário, resíduos oleosos e resíduos hidrossanitários, além dos resíduos gerados esporadicamente, como pilhas, baterias, lâmpadas e cargas deterioradas, contaminadas e fora da especificação (PARÁ, 2010).

Segundo o Plano, cabe à CDP, enquanto Autoridade Portuária, “a implantação, o gerenciamento e a fiscalização do mesmo, devendo adotar todas as medidas necessárias no sentido de disponibilizar estruturas e recursos para sua implementação e manutenção” (PARÁ, 2010). Além disso, a CDP se tornou responsável pela fiscalização e controle das empresas instaladas em suas áreas no que concerne às práticas adotadas no gerenciamento dos resíduos por elas gerados.

Como forma de fiscalizar e fazer o controle de saída dos resíduos gerados no Porto de Belém deve ser elaborado os manifestos de saída de resíduos, onde será declarado o tipo de resíduo, quantidade, tipo de tratamento e empresa coletora, o que possibilitará o recebimento do certificado de destinação final dos resíduos.

Ainda segundo o PGRS, os resíduos gerados onde ocorrem as atividades de embarque e desembarque de carga são de responsabilidade do gerador. Quanto aos resíduos sujeitos a controle especial, como lâmpadas, os mesmos serão armazenados na central de resíduos em local previamente definido e segregado para este fim, até que forme um volume adequado à instrução de processo licitatório para contratação de empresa para realizar o tratamento e destinação final adequada. O Porto deve dispor de caixa coletora para o recebimento das pilhas e baterias, que também são armazenadas temporariamente e posteriormente são destinadas conforme o estabelecido na Resolução CONAMA n.º 401/2008.

Complementarmente, os resíduos gerados em unidades sanitárias, resíduos de serviços de saúde e os demais resíduos não seletivados no Porto de Belém serão incinerados e/ou autoclavados, sendo que no primeiro caso os procedimentos serão efetuados fora da localidade por empresa contratada pela CDP, já para o segundo os procedimentos serão efetuados dentro das instalações do próprio porto na unidade de esterilização de resíduos.

Além disso, as cargas deterioradas, contaminadas e fora da especificação seguirão os critérios estabelecidos na Resolução CONAMA nº 02/1991, a qual estabelece que “as despesas oriundas da avaliação, monitoramento, controle e gerenciamento dos resíduos gerados correrão às expensas do responsável da carga” (BRASIL, 2012). Desta forma, caberá ao dono da carga ou seu responsável legal assumir os custos provenientes da coleta, transporte e destinação final deste tipo de resíduo.

A implantação efetiva do Plano de Gerenciamento de Resíduos do Porto de Belém está atrelada a implantação de outros programas, planos e projetos, os quais visam dar subsídios para sua efetiva operacionalização. O programa de Coleta Seletiva, por exemplo, tem como objetivo principal propiciar a adequada separação dos resíduos gerados no Porto de Belém, possibilitando sua correta destinação final, contribuindo desta forma para redução dos problemas ambientais causados pelo seu descarte inadequado, bem como para diminuição da exploração dos recursos naturais.

Outros programas complementares previstos no PGRS consistem no Plano de Educação Ambiental do Porto de Belém, que tem como objetivo o desenvolvimento de ações formativas de Educação Ambiental no interior do Porto e em seu entorno de modo a sensibilizar essa comunidade portuária quanto à adoção de práticas ambientalmente corretas, e os programas de Capacitação e de Desenvolvimento de Recursos Humanos, que têm como objetivos principais a capacitação dos membros da comunidade portuária do Porto de Belém, especialmente os envolvidos diretamente no gerenciamento de resíduos, quanto aos procedimentos a serem adotados neste processo, possibilitando a implementação do presente plano, bem como contribuindo para com o desenvolvimento das capacidades dos participantes.

Mediante a implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Atividades de Transporte no Porto de Belém, dentre outros impactos, foi observada a redução na geração da geração de alguns tipos de resíduos e aumento de outros, conforme ilustrado na Figura 2.

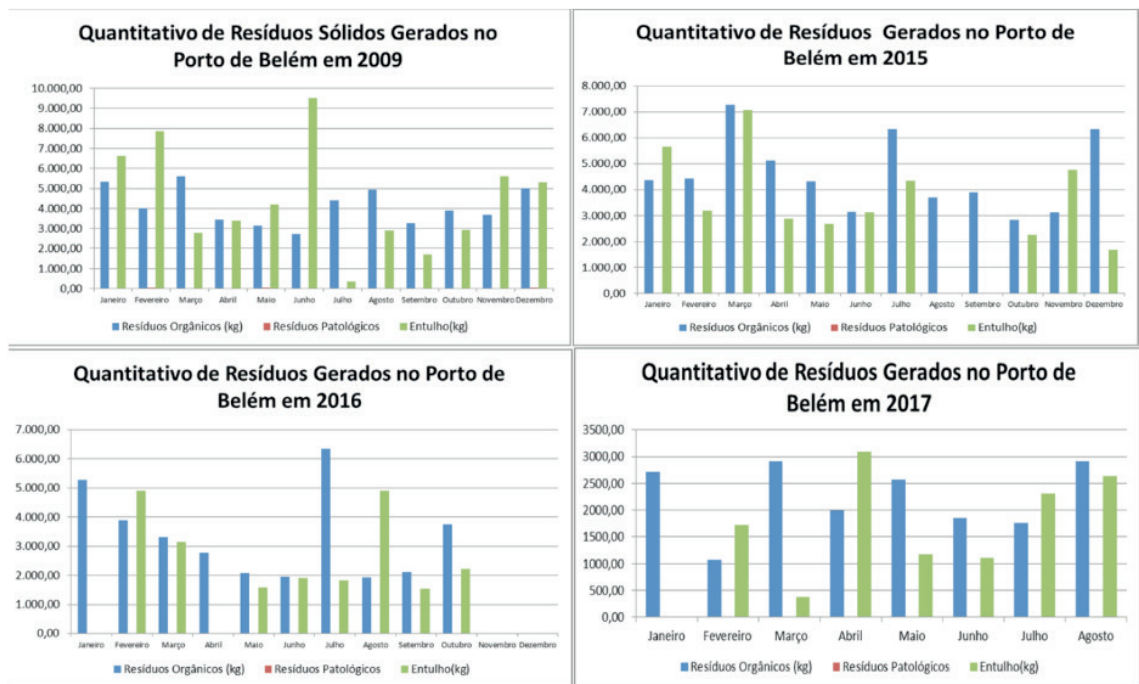


Figura 2 - Quantitativo da geração de resíduos sólidos de atividades de transporte no Porto de Belém antes (2009) e depois (2015, 2016 e 2017) da implantação do PGRS.

Fonte: Companhia Docas do Pará (2018).

Conforme pode ser observado na Figura 2 houve diminuição paulatina da quantidade de resíduos gerados anualmente nas dependências do Porto de Belém em todas as categorias observadas. Por exemplo, a quantidade de entulho diminuiu de 9.000kg no ano de 2009 para 3.000kg no ano de 2017, o que se deve à aplicação do plano mediante a exigência no contrato de que as empresas devem reduzir o montante de resíduos gerado, o que representa um impacto positivo da implementação do PGRS no gerenciamento de resíduos sólidos de atividades de transporte do Porto de Belém.

4 | CONCLUSÃO

Desde que foram adotadas as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos e implantadas as parcerias com catadores no gerenciamento de resíduos sólidos de atividades de transporte da Companhia Docas do Pará, grande parte do material gerado nas instalações do Porto de Belém tem sua destinação final ambientalmente adequada, onde os materiais passíveis de reciclagem são recolhidos pela Cooperativa parceira da Companhia, enquanto que os resíduos não passíveis de reciclagem ou que tenham sofrido algum tipo de contaminação são coletados, transportados, tratados e/ou destinados por empresas contratadas para essa finalidade. A CDP adquiriu e instalou em todas as áreas internas, comuns e operacionais do Porto de Belém coletores de coleta seletiva, bem como caixa coletora de pilhas e

baterias conforme dimensionamento realizado, também investiu em programa de sensibilização da comunidade portuária, desenvolvido através de palestras e oficinas, o que resultou na progressiva redução de resíduo orgânico e ou não reciclável gerado e aumento da separação de resíduos passíveis de reciclagem; o que comprova impacto positivo da implantação do Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos nas dependências da instituição.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004 – Resíduos Sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.

BARROS, A. J. A.; MESQUITA, K. F. C.; BEZERRA, G. C. M.; PEREIRA, J. A. R. Análise do Atendimento da Legislação de Resíduos Sólidos em Hospital Universitário. In: IV Congresso Nacional de Educação Ambiental, 2016, João Pessoa/PB. Educação Ambiental & Biogeografia. Ituiutaba/MG: Barlavento, 2016, v. I, p. 2.224-2.235.

BRASIL. Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 14 dez. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução n.º 56, de 6 de agosto de 2008. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2008/res0056_06_08_2008.html>. Acesso em: 22 abr. 2018.

BRASIL. Secretaria de Portos. Guia de Boas Práticas Portuárias: Programa de Conformidade do Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos nos Portos Marítimos Brasileiros. Disponível em: <http://www.recicloteca.org.br/wp-content/uploads/publicacoes/70/guia_de_boas_praticas_web-9168.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2018.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução n.º 02, de 22 de agosto de 1991. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente; CONAMA. Resoluções do CONAMA: resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Brasília, 2012. p. 750.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução n.º 401, de 4 de novembro de 2008. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente; CONAMA. Resoluções do CONAMA: resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Brasília, 2012. p. 888-893.

PARÁ. Companhia Docas do Pará. Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do Porto de Belém. Belém: CDP, 2010. 56p.

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

Data de aceite: 06/01/2020

Julio Cesar Pinho Mattos

Engenheiro Sanitarista-Ambiental, Mestre em Ecologia e Manejo dos Recursos Naturais, Doutor em Biodiversidade e Biotecnologias da Amazônia

Agência Reguladora de Serviços Públicos do Estado do Acre

Centro Universitário UNIMETA

Rodrigo Junior de Sousa Pereira

Graduado em Gestão Ambiental

Acadêmico em Engenharia Ambiental – Unimeta

Gleison Aguiar da Silva

Acadêmico em Engenharia Ambiental – Unimeta

Fernanda Kerolayne

Acadêmica em Engenharia Ambiental – Unimeta

RESUMO: Os serviços de gestão integrada de resíduos sólidos estão relacionados de forma indissociável à promoção da qualidade dos solos e dos recursos no Brasil. Nesse sentido, é imprescindível desenvolver ações educativas que possibilitem a compreensão sistêmica que a questão exige estimular a participação popular, engajada e consciente, no enfrentamento dessa questão até alcançar a universalização desses serviços e a sustentabilidade dos processos e gestão. O estado do Acre localizado na Amazônia Sul Ocidental Brasileira é composto por 22 municípios e foi o primeiro a implantar seu

Plano Estadual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos – PEGIRS/Acre, na região Norte do País. Apesar deste pioneirismo estadual, muito embora o estado não possua uma Lei Estadual que trate a Política Estadual de Resíduos Sólidos, os municípios acrianos, em sua grande maioria, ainda não concluíram as elaborações dos seus Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS, desde a instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos Lei Federal 12.305/2010, em especial destaca-se o município de Marechal Thaumaturgo localizado na mesoregional do Vale do Juruá, também considerada regional de resíduos Juruá, com uma população estimada de 2,12% da população total do Acre (IBGE, 2018), Atualmente 40,91% dos municípios já executaram ou estão em fase de conclusão dos seus PMGIRS até junho de 2019. O presente artigo, tem como objetivo principal, avaliar as estratégias de participação social adotadas em todas as etapas de elaboração do PMGIRS Marechal Thaumaturgo-AC, e de forma específica apresentar os anseios e expectativas da população após a elaboração do plano.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Marechal Thaumaturgo, Acre, Mobilização Social.

ABSTRACT: Integrated solid waste management services are inextricably linked to the promotion of soil and resource quality in Brazil. In this sense, it is essential to develop educational actions that enable the systemic understanding that the issue requires stimulating popular, engaged and conscious participation in addressing this issue until achieving the universalization of these services and the sustainability of processes and management. The state of Acre, located in the Brazilian South Western Amazon, is made up of 22 municipalities and was the first to implement its State Plan for Integrated Solid Waste Management - PEGIRS / Acre, in the northern region of the country. Despite this state pioneering spirit, although Although the state does not have a State Law that deals with the State Policy on Solid Waste, most of the municipalities in the region have not yet completed the elaboration of their Municipal Plans for Integrated Solid Waste Management - PMGIRS, since the National Policy on Solid Waste Federal Law 12.305 / 2010, in particular the municipality of Marechal Thaumaturgo located in the mesoregional Vale do Juruá, also considered regional Juruá waste, with an estimated population of 2.12% of the total population of Acre (IBGE). Currently 40.91% of the municipalities have already executed or are in the process of completing their PMGIRS by June 2018. 9. The main objective of this article is to evaluate the social participation strategies adopted at all stages of the preparation of the PMGIRS Marechal Thaumaturgo-AC, and specifically to present the aspirations and expectations of the population after the elaboration of the plan.

KEYWORDS: Solid Waste, Marshal Thaumartugo, Acre State, Social Mobilization.

INTRODUÇÃO

Os serviços de gestão integrada de resíduos sólidos estão relacionados de forma indissociável à promoção da qualidade dos solos e dos recursos no Brasil. Nesse sentido, é imprescindível desenvolver ações educativas que possibilitem a compreensão sistêmica que a questão exige estimular a participação popular, engajada e consciente, no enfrentamento dessa questão até alcançar a universalização desses serviços e a sustentabilidade dos processos e gestão. Nos aspectos do gerenciamento integrado dos resíduos sólidos, o estado é dividido em duas regionais de resíduos sólidos, Juruá (RR Juruá) e Purus (RR Purus) (ACRE, 2012). Apesar das regionais serem formadas por cidades com características bastante diferentes, as cidades da Amazônia Sul Ocidental Brasileira, possuem com maior ou menor intensidade, problemas interurbanos que afetam sua sustentabilidade e o bom gerenciamento da disposição final dos RSU's (MATTOS, 2017). Apesar deste pioneirismo estadual, muito embora o estado não possua uma Lei Estadual que trate a Política Estadual de Resíduos Sólidos, os municípios acrianos, em sua grande maioria, ainda não concluíram as elaborações dos seus Planos Municipais de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos – PMGIRS, desde a instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos Lei Federal 12.305/2010, em especial destaca-se o município de Marechal

Taumaturgo localizado na mesoregional do Vale do Juruá, também considerada regional de resíduos Juruá, com uma população estimada de 2,12% da população total do Acre (IBGE, 2018), Atualmente 40,91% dos municípios já executaram ou estão em fase de conclusão dos seus PMGIRS até junho de 2019.

OBJETIVO

O presente artigo tem como objetivo principal, avaliar as estratégias de participação social adotadas em todas as etapas de elaboração do PMGIRS Marechal Thaumaturgo-AC, e de forma específica apresentar os anseios e expectativas da população após a elaboração do plano.

METODOLOGIA

Considerando as dificuldades de acesso e as peculiaridades regionais, onde localiza-se área de estudo o município de Marechal Thaumaturgo, na regional de resíduos sólidos RR Juruá (Figura 1). As ações de mobilização em gestão integrada dos resíduos sólidos constituem-se em promissoras possibilidades de atuações que buscam, por meio de ações articuladas, oportunizar a emancipação dos atores sociais envolvidos despertando o protagonismo popular na condução das transformações esperadas. Neste trabalho, foram utilizados levantamentos *in situ* nas zonas rural e urbana do município, e as estratégias de metodologias participativas propostas por Thiollent, 2007, como também aplicação de questionários. As oficinas participativas foram realizadas no período de março a dezembro de 2017, conforme tabela 1.

Tabela 1. Oficinas participativas.

Locais	Público Alvo
Escolas municipais	Professores e estudantes do ensino fundamental e médio
Secretaria Municipal de Saúde	Agentes Comunitários de Saúde
Comunidades rurais e indígenas	População Rural e Indígena

Figura 1. Localização da área de estudo envolvendo o município de Marechal Thaumaturgo.

(Fonte: ZEE/Acre, 2007)

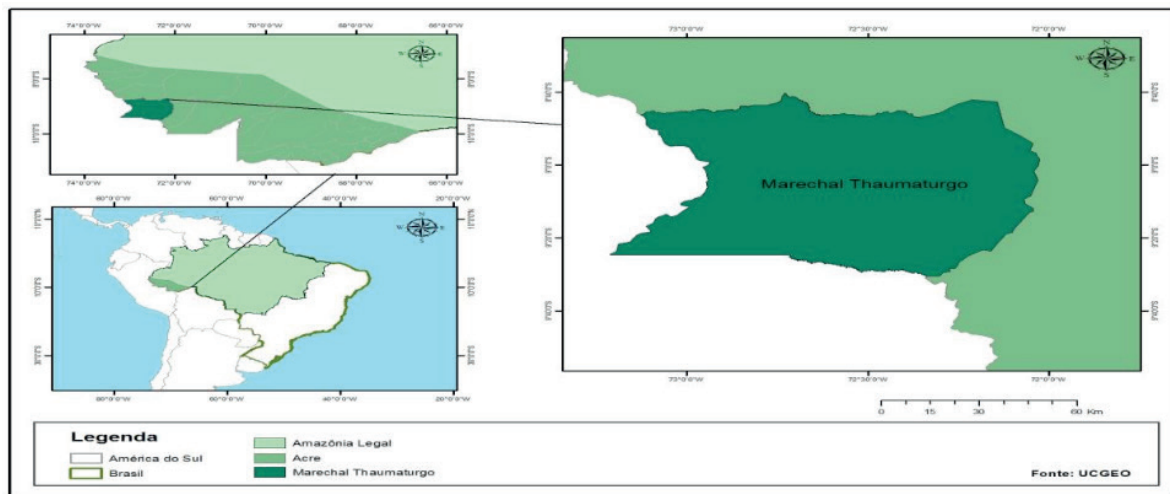


Figura 2. Localização do lixão de Marechal Thaumaturgo.

Fonte: PMGIRS Marechal Thaumaturgo 2018.

RESULTADOS OBTIDOS

Após aplicações dos questionários durante as reuniões setoriais, com relação à temática limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, foram elencadas as principais fragilidades:

- Falta de Aterro Sanitário;
- Necessidade de evoluções na qualidade dos serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos;
- Pouca frequência e abrangência dos serviços de varrições e capina;

No período de 2012 a 2014, durante as mobilizações sociais do plano municipal de saneamento básico (Conferência, Entrevistas, Questionários, reuniões setoriais) a sociedade também expressou com o seu entendimento o desejo melhorias nos serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos. Os resultados obtidos em no PMSB também são importantes, porém necessitarão de alinhamento com a realidade do formulário do técnico repassado a SEMOVU para a construção dos demais produtos técnicos do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Marechal Thaumaturgo-AC, em sua primeira atualização. As últimas pesquisas em 2017, revelaram que existe grande falta de informação por parte da população, em relação aos resíduos sólidos gerenciados no município, 37% da população não sabe da existencia de programas de educação ambiental e 77% desconhecem a coleta seletiva realizada no município (Figura 3).

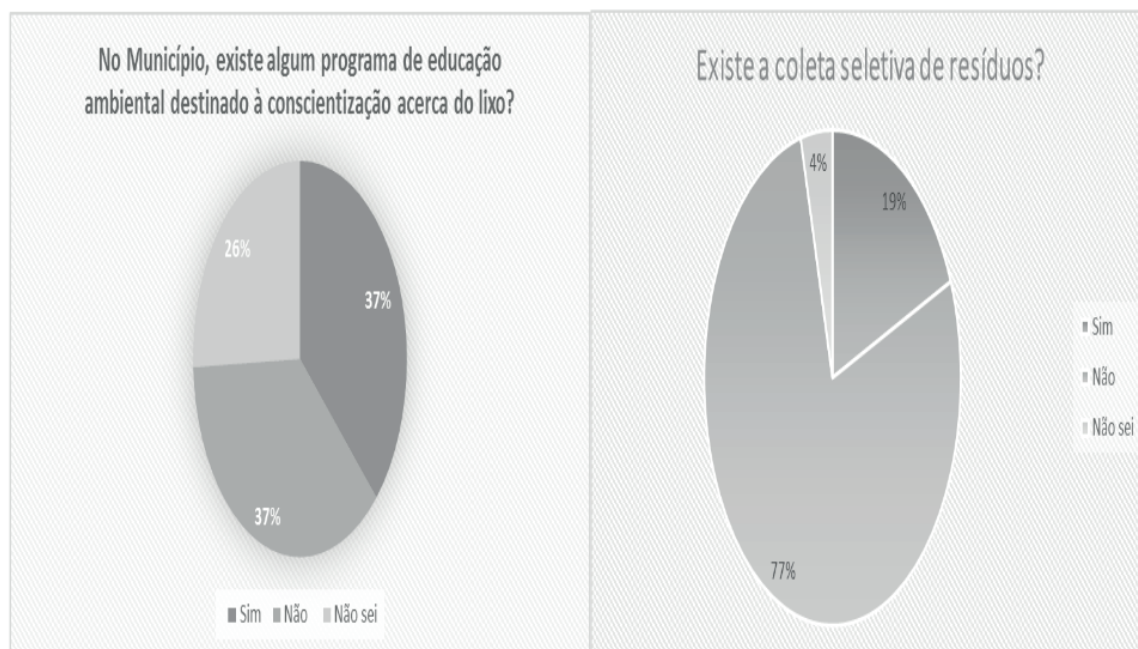


Figura 3. Percentual de conhecimento da população sobre educação ambiental e coleta seletiva

Fonte: O autoria própria,2019.

A coleta e transporte dos resíduos sólidos urbanos gerados na execução dos serviços de limpeza urbana são de responsabilidade exclusiva da Prefeitura Municipal de Marechal Thaumaturgo. O Acondicionamento ainda é realizado pelos moradores nas portas de suas residências com cestos coletores com apoio da gestão municipal. A Secretaria Municipal de Obras, Viação e Urbanismo, informou que a atividade da coleta ainda consiste apenas no recolhimento dos resíduos acondicionados pelo gerador e adequadamente dispostos para transportá-lo a um eventual tratamento e ao destino final. A coleta do lixo produzido nas residências, em estabelecimentos comerciais e públicos é, em geral, setorizada pela prefeitura municipal.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

O município de Marechal Thaumaturgo, carece de equipe técnica local, para realização de estudos geotécnicos, diagnósticos sócio-ambiental e execução de um projeto básico para captação de recursos para adequar a sua disposição final de resíduos sólido, que contemple em duas áreas o tratamento de resíduos orgânicos e da construção civil e também, diferenciando a disposição dos resíduos sólidos dos serviços de saúde (Figura 4.). O isolamento do município dificulta inicialmente o incremento das ações de reciclagem. Após as reuniões realizadas com a população foi identificado que a comunicação do setor responsável pela coleta dos resíduos pode ser melhorada com a exposição de panfletos educacionais, informações de horários de coleta e uma massiva campanha educacional que fortaleça a necessidade

de segregação na fonte dos resíduos.

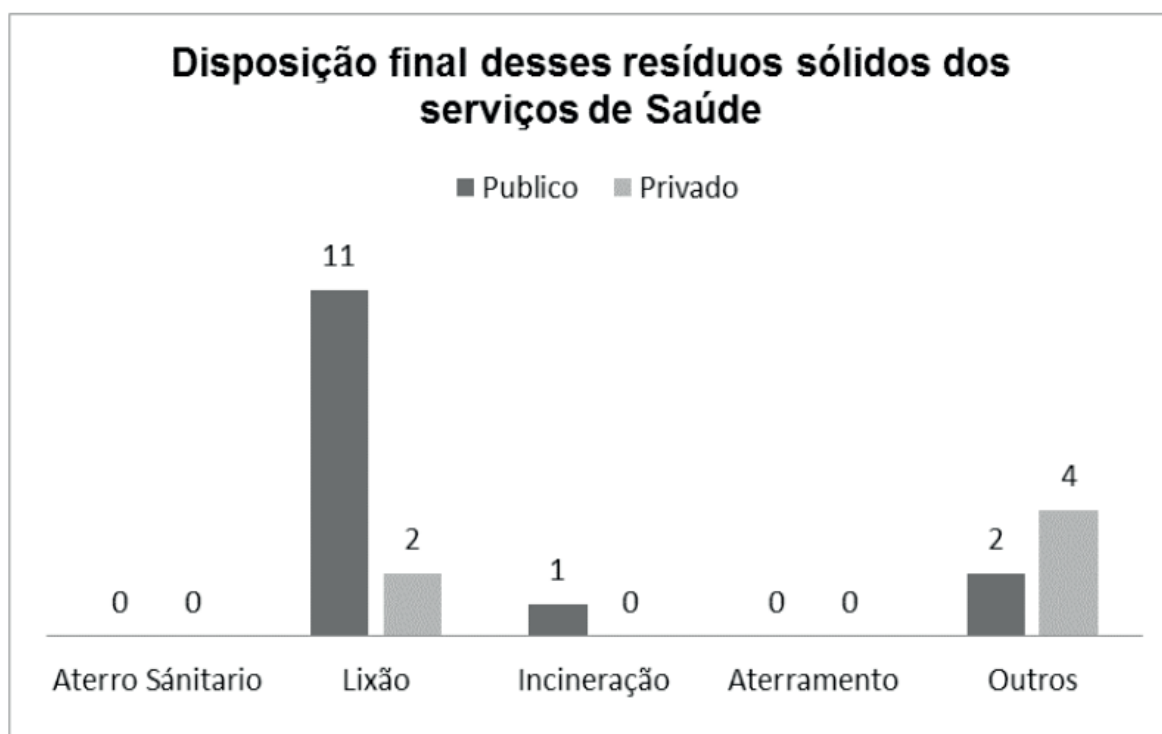


Figura 4. Disposição Final dos resíduos sólidos dos serviços de saúde.

Fonte: Ministério da Saúde - DATASUS | Dados da população, Ministério da Saúde - DATASUS | Dados dos municípios.

Não existem máquinas exclusivas (trator, pá carregadeira, retroescavadeira), para garantir a operacionalização de um futuro aterro sanitário em Marechal Thaumaturgo -AC, as máquinas existentes são utilizadas em parceria com outras secretarias municipais. Nas entrevistas com a Secretaria de Obras (SEMOVU) foram apontados alguns fatores a citar: a idade dos veículos, e falta de máquinas exclusivas para a gestão, como evidências para novas demandas para elaboração de projeto para o fortalecimento da gestão de coleta dos resíduos sólidos urbanos e Resíduos da Saúde no município. Existe uma necessidade de investimentos em Infraestrutura. Verificou-se falta de infraestrutura para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. O município ainda está praticando a disposição final dos RSU's em lixão, localizado na área rural, com acesso em ramal não pavimentado, com distância inferior a 2 km do centro da cidade, as condições de trafegabilidade do ramal não são satisfatórias no período invernos.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos através da participação popular, é correto afirmar que a gestão integrada dos resíduos sólidos do município de Marechal Thaumaturgo-AC, ainda é precária e muito distante da universalização dos serviços de limpeza

urbana e manejo dos resíduos sólidos propostos na Lei Federal 11.445/2007 e, dos outros temas ligados a política nacional dos resíduos sólidos (PNRS) Lei Federal Nº 12.305/2010. Os formulários aplicados apontam a necessidade de um programa de educação sanitária e ambiental no tema resíduos sólidos, como também das outras áreas do saneamento básico. Após a conclusão do PMGIRS será importante o investimento em curto prazo de projetos em de um aterro sanitário municipal ou um incinerador de pequeno porte para auxílio na produção de energia e de logística para o transporte fluvial dos recicláveis para o município de Cruzeiro do Sul, sede da RR Juruá. Investimentos e melhorias da gestão e dos serviços prestados devem ser perseguidas nos próximos 20 anos, considerando as zonas urbana, rural e indígena do município. A falta de um Plano de Coleta dificulta a gestão municipal a realizar avanços na coleta e limpeza urbana do município incluindo o setor de recursos humanos,, muito embora a cobertura dos serviços já aconteça em praticamente 100 % da área urbana, mas ainda com desafios na qualidade dos serviços prestados.

REFERÊNCIAS

ACRE (2012), Plano estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Rio Branco, AC: SEMA, 2012. 166 p.

BRASIL (2007) Lei nº. 11.445 de 5 de Janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

BRASIL (2010) Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos: altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2010.

IBGE (2018), Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br>>marechal thaumaturgo. Acesso: 30 de outubro de 2018.

MATTOS, J. C. P.; ROCHA, P. C.; PEREIRA, R. J. S. **Degradação ambiental provocada por lixões na amazônia sul ocidental brasileira**. In: 29º CONGRESSO ABES/FENASAN, 2017, SÃO PAULO. 29º CONGRESSO ABES/FENASAN. Rio de Janeiro: ABES, 2017. v.1.

Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Guia para elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Brasília - DF, 2011.

THIOLLENT, M. J. M., SILVA, G. O. **Metodologia de pesquisa-ação na área de gestão de problemas ambientais**. RECIIS – R. Eletr. de Com. Inf. Inov. Saúde. Rio de Janeiro, v.1, n.1, p.93-100, jan.-jun., 2007.

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

Data de aceite: 06/01/2020

Natália Fagundes Mascarello

Universidade Luterana do Brasil
Canoas, Rio Grande do Sul

Renata Farias de Oliveira

Universidade Luterana do Brasil
Canoas, Rio Grande do Sul

RESUMO: Desde o início dos tempos, o homem vem evoluindo e desenvolvendo novas descobertas. Com a Revolução Industrial ocorreu um pico de desenvolvimento como motores, celulares, roupas, medicamentos, conseqüentemente aumentou a quantidade de resíduos gerados pela população e assim também aumentou a quantidade de doenças causadas pela falta de saneamento básico. Ao perceber a importância do controle de resíduos e preservação da natureza para o bem-estar de todos, desenvolveu-se políticas ambientais e acordos entre países para desenvolvimento de pesquisas e tecnologias que não prejudiquem o meio ambiente. Primeiramente, neste estudo selecionou-se espécies de árvores mais comumente presentes em Canoas, município pertencente a Região Metropolitana de Porto Alegre. Utilizando amostras provenientes de resíduos lenhosos de Aroeira Mansa fez-se o estudo no laboratório em 2 etapas:

deslignificação da madeira e fabricação da madeira óptica transparente. Os resultados obtidos não chegaram a transparência óptica total, porém chegaram bastante próximos ao desejado. Estimulando assim, a continuação do estudo não somente com esta espécie estudada, mas também com outras espécies nativas presentes em outras áreas urbanas. Este trabalho verificou que se faz necessário desenvolver mais este método de aproveitamento de resíduo lenhoso para proporcionar mais uma alternativa de utilizá-los como matéria prima no desenvolvimento de outros produtos.

PALAVRAS-CHAVE: Madeira Óptica, Deslignificação, Resíduo Lenhoso.

PROPOSAL FOR THE USE OF WOODY WASTE IN THE METROPOLITAN REGION OF PORTO ALEGRE

ABSTRACT: Since the beginning of time, the man has been evolving and developing new discoveries. With the Industrial Revolution there was a peak of development such as engines, cell phones, clothes, medicines, consequently increased the amount of waste generated by the population and thus also increased the amount of diseases caused by poor sanitation. Realizing the importance of waste control and nature preservation for the well-being of

all, environmental policies and agreements between countries were developed to develop research and technologies that do not harm the environment. First, in this study we selected tree species most commonly present in Canoas, a municipality in the metropolitan region of Porto Alegre. Using samples from Aroeira Mansa woody residues, the study was carried out in the laboratory in 2 steps: delignification of wood and manufacture of transparent optical wood. The results obtained did not reach full optical transparency, but they came very close to the desired. Thus stimulating the continuation of the study not only with this species studied, but also with other native species present in other urban areas. This work verified that it is necessary to develop further this method of utilization of wood waste to provide another alternative to use them as raw material in the development of other products.

KEYWORDS: Optical Wood, Delignification, Wood Waste.

INTRODUÇÃO

O aumento desenfreado da população nas metrópoles causou um grande aumento de resíduos, desmatamento e necessidade de saneamento básico. Dentre os resíduos orgânicos produzidos nas cidades brasileiras se sobressaem às podas de árvores, que se dispostas em aterros sanitários, ocupam bastante espaço e ainda expõem ameaça de combustão espontânea (MORETTI, BERTONCINI, ABREU-JUNIOR, 2015). Deste modo, exibem um grande desafio de administração para os municípios e grandes geradores. Sabe-se que a disposição deste resíduo em locais abertos como lixões ou aterros resulta em uma série de problemas, pois estes se mesclam a outros preexistentes que interagem química e biologicamente, como um reator, acarretando impactos sobre a qualidade do ar, do solo e dos recursos hídricos. Além do mais, a disposição dos resíduos de poda no aterro pode resultar no aparecimento de animais como insetos, roedores e urubus (GOES et al., 2017).

Há algum tempo há uma grande demanda por tecnologias que promovam o reaproveitamento, a reciclagem e a disposição final adequada de resíduos, associada à demanda energética mundial e a necessidade de energias limpas e renováveis (FARAGE, 2009). Podem ser consideradas as opções de reuso do resíduo lenhoso a produção de biomassa, compostagem, briquetagem e pirólise. Como todas estas alternativas têm elevado custo, este estudo tem como objetivo apresentar uma forma de reutilizar o resíduo lenhoso como matéria prima em processos distintos, como a utilização da madeira deslignificada e na produção de madeira óptica transparente.

METODOLOGIA

Para realização dos ensaios, foi escolhida uma espécie para aplicar e estudar a alternativa proposta. A escolha se deu com base nas informações sobre o resíduo

lenhoso fornecidas pela Prefeitura Municipal de Canoas, na qual foi avaliada a quantidade de espécies presentes e comumente de se encontrar na região, complementando os dados obtidos foi realizada uma visita técnica juntamente o Biólogo e Chefe de Praças e Áreas Verdes da Diretoria de parques e praças do município. O presente estudo visa a preferência por espécies nativas, estimulando assim o aumento do plantio das mesmas.

Já para a deslignificação e produção da transparência óptica da madeira, processos apresentados em um estudo realizado por Yuanyuan Li et al. (2016) foram adotados neste trabalho. Foram retiradas 2 (duas) amostras de galhos de Aroeira-mansa (*Schinus terebinthifolius*), resultantes das podas urbanas, com as seguintes dimensões de 2x2cm \pm 2 mm e espessura de 0,5mm. Conforme apresentado na Figura 1 e 2 as amostras apresentam algumas manchas escuras.

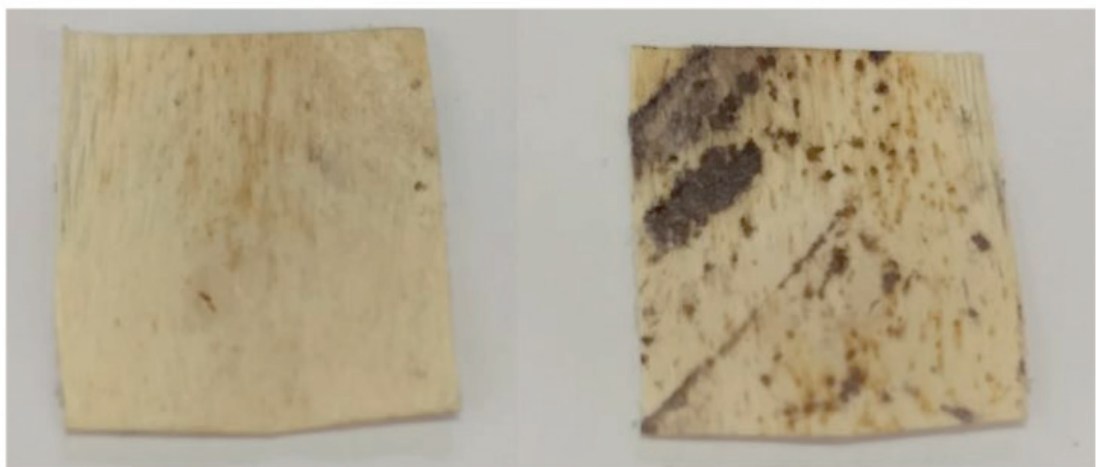


Figura 1 - Amostra 01 de Aroeira Mansa.



Figura 2 - Amostra 02 de Aroeira Mansa.

O estudo realizado é dividido em 2 (duas) etapas, sendo que a primeira é a eliminação química da lignina, deixando-se a coloração em uma tonalidade branca, resultando em um substrato poroso. A segunda etapa é a fabricação da madeira

óptica transparente, processo químico onde utiliza a infiltração a vácuo de MMA (Metacrilato de metila).

PROCESSO DE DESLIGNIFICAÇÃO DA MADEIRA

A etapa de deslignificação seguiu o processo conforme pode ser observado na Figura 3.

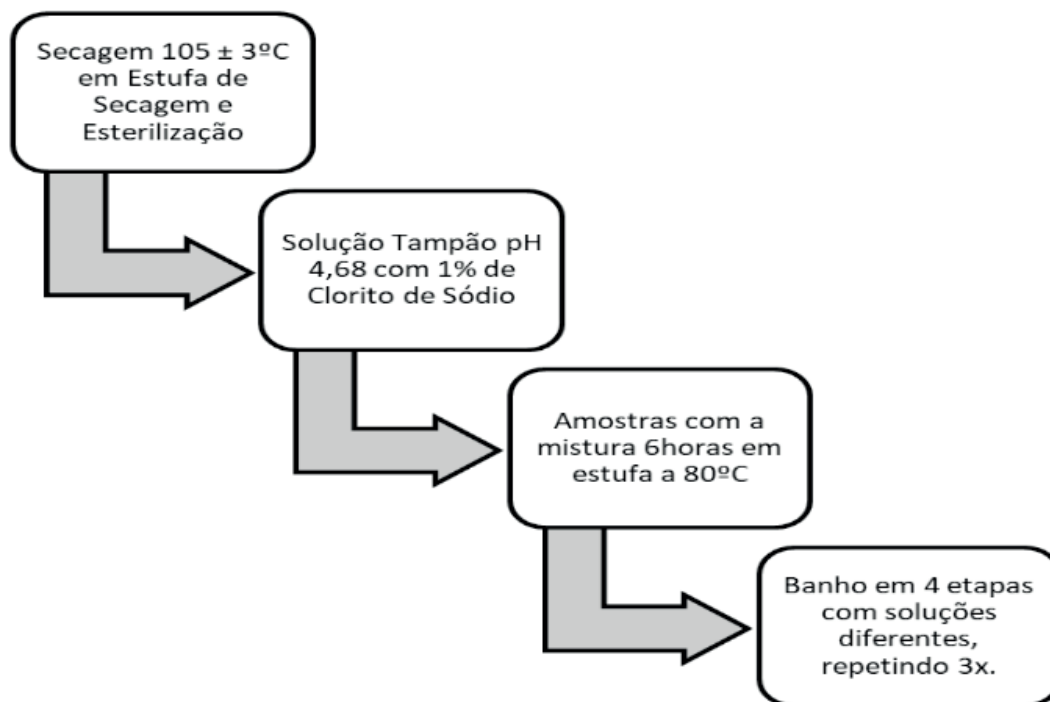


Figura 3 - Processo de Deslignificação.

Cada amostra foi colocada em uma estufa de secagem (modelo 320-SE) à temperatura de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Levando 28 minutos para chegar à temperatura desejada. Após este processo de secagem foi armazenado em dessecador por 3 (três) dias. Foi realizado o preparo da solução tampão (pH 4,68) com 1% de clorito de sódio, a primeira amostra foi colocada em um copo de Becker de 50 ml com 10 ml de solução a segunda amostra foi colocada em um copo de Becker de 100 ml com 60 ml de solução, ambas foram levadas à estufa em 80°C por 6 horas. Após retiradas as amostras da estufa, foi esperado cada uma chegar a temperatura ambiente para dar continuidade ao processo. Assim que chegou a temperatura ambiente cada amostra passou por um processo de lavagem em 4 (quatro) etapas no qual foram repetidas 3 (três) vezes. Foi iniciado o processo, cada amostra foi lavada com água destilada, seguidamente por etanol, mergulhada na solução de etanol com acetona pura e finalizada mergulhando em acetona pura. Após este banho cada amostra foi devolvida para o seu copo de Becker em que estavam e colocadas em uma estufa a temperatura de 60°C durante 12 minutos, posteriormente colocadas no dessecador.

Finalizando assim, a etapa de deslignificação.

OBTENÇÃO MADEIRA ÓPTICA TRANSPARENTE

A segunda e última etapa foi realizado o processo conforme observado na Figura 4.

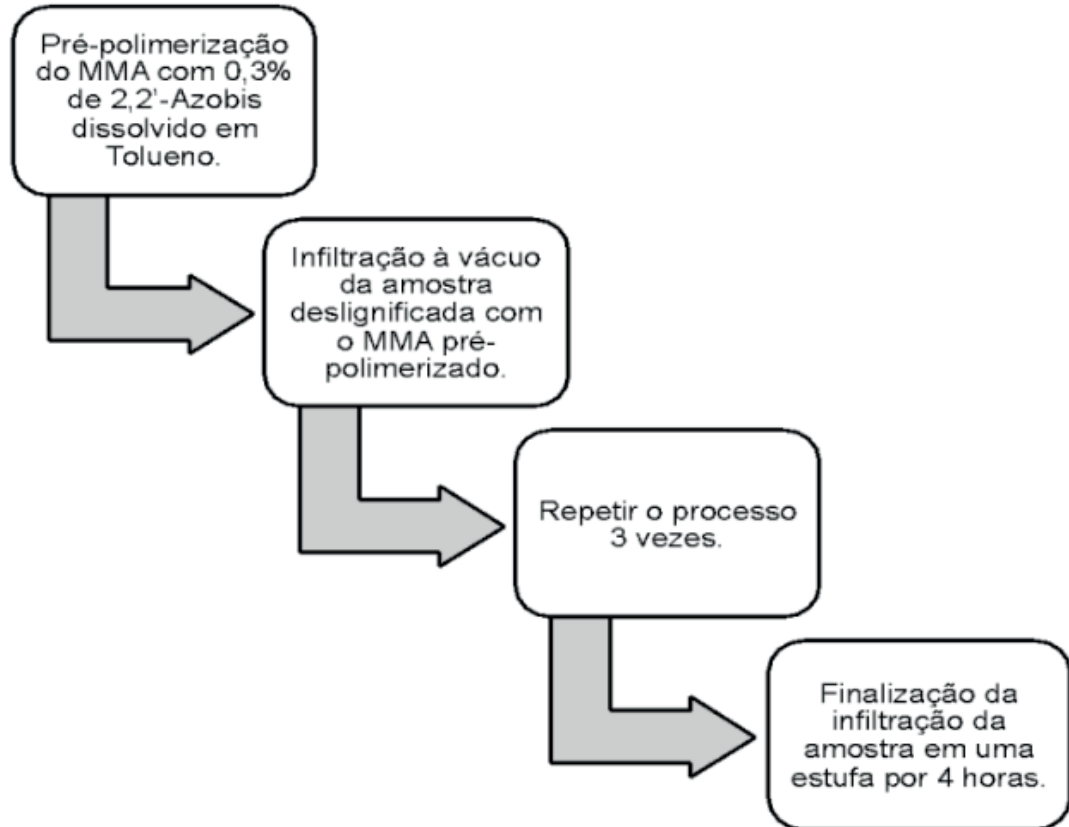


Figura 4 - Fabricação da Madeira Óptica Transparente.

O processo inicia com a pré-polimerização do MMA com 4 (quatro) gotas de 2,2'-Azobis dissolvido em Tolueno, a primeira amostra não passou pelo processo de infiltração à vácuo, foi realizado um teste de infiltração sem a necessidade do vácuo, a segunda amostra passou pelo processo de infiltração à vácuo, ambas com o Metacrilato de metila pré-polimerizado, esta etapa foi repetida 3 (três) vezes, o processo foi finalizado colocando as duas amostras na estufa por 4 horas.

Através de pesquisas obteve-se informações necessárias para propostas de uso para as matérias primas obtidas nos processos citados neste trabalho, baseando-se em produtos já fabricados e em indicações dos artigos estudados.

RESULTADOS

O gerenciamento de resíduos lenhosos com base nas informações disponibilizadas pela Prefeitura Municipal de Canoas foi observado que uma das

atividades que mais gera resíduos lenhosos no município de Canoas é a atividade de poda na área urbana. Aproximadamente 18% de espécies presentes é a Aroeira-mansa (*Schinus terebinthifolius*), conhecida também por Aroeira-vermelha, pertencente à família *Anacardiaceae*, é uma espécie nativa bastante interessante para a arborização urbana e indicada para recuperação de áreas degradadas. É uma árvore pioneira, mas o mesmo tempo é considerada invasora, pois pode invadir áreas de reflorestamentos, terrenos baldios, pomares e lavouras.

DESLIGNIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS

Foi removida quimicamente a lignina de duas amostras com as dimensões de $2 \times 2 \text{ cm} \pm 2 \text{ mm}$ e espessura de 0,5 mm deixando-a em uma tonalidade branca, removendo as suas manchas escuras e tornou-se mais porosa e maleável. A Amostra 01 apresentou uma borda pouco transparente, exatamente conforme o esperado (Figura 5), porém a Amostra 02 não foi observada a remoção das manchas presentes no início do processo, também aumentou sua maleabilidade e porosidade, no entanto sua cor permaneceu amarelada (Figura 6).

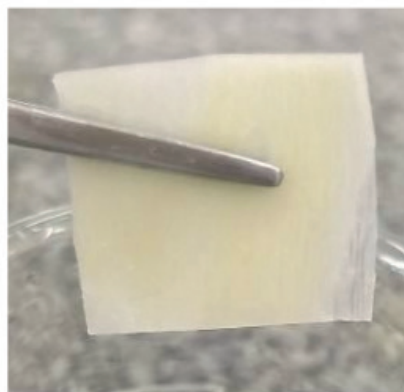


Figura 5 - Amostra 01.



Figura 6 - Amostra 02.

Através da análise observacional da amostra de Aroeira Mansa, notou-se que a

primeira amostra estudada não apresentou manchas escuras, tendo apresentado a borda um pouco transparente após ser removida quimicamente a lignina, a segunda amostra apresentou as mesmas características da primeira, porém não se observou nenhuma transparência. Por serem amostras de mesmo tamanho e da mesma espécie, no qual passaram pelas mesmas etapas do processo, há uma pequena dúvida do motivo desta diferença, talvez houve alguma alteração na temperatura em uma das amostras, ou a quantidade de solução tampão em que tiveram contato.

MADEIRA ÓPTICA TRANSPARENTE

Como na Amostra 1 não foi realizada a infiltração, no processo de transparência óptica, resultou em uma camada acrílica em seu entorno com algumas bolhas de ar (Figura 7), dificultando assim poder observar a pequena transparência que percebida anteriormente. A segunda amostra, na qual passou pelo processo de infiltração a vácuo, não teve nenhuma alteração quanto a sua cor, ou estrutura (Figura 8).

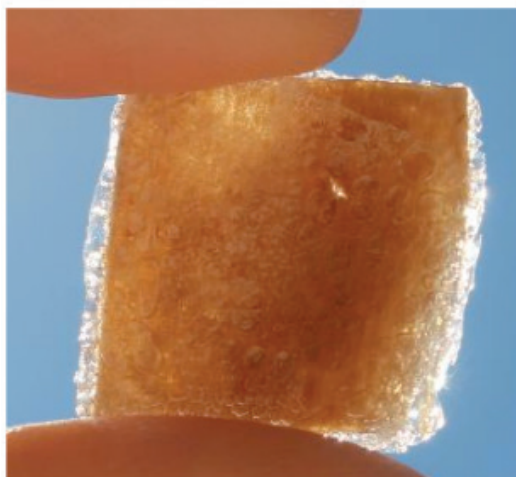


Figura 7 - Amostra 01 com a camada de acrílico a luz solar.



Figura 8 - Amostra 02

Nesta etapa obteve-se uma pequena diferença no processo, no qual resultou

uma camada de acrílico na primeira amostra, talvez, se a mesma tivesse passado pelo processo de infiltração a vácuo poderia resultar na transparência óptica, pelo menos uma parte da amostra, devido a transparência ter se manifestado desde o início do processo. A segunda amostra não obteve nenhuma alteração, observou-se que a mesma ficou mais impermeável, podendo dificultar seu processo de degradação. Há uma dúvida por não ocorrer esta alteração, se foi por causa da presença do tolueno na solução, no qual não estava presente no estudo realizado por Li et al. (2016), ou por ser uma espécie diferente, ou alguma instabilidade não detectada durante o processo.

Com estes resultados, não podemos descartar o fato de que a presença do tolueno no ativador pode ter afetado para chegar ao resultado desejado, e talvez a se as amostras ficassem em contato com uma quantidade maior de PMMA, ou na possibilidade de utilizar uma câmara pressurizada conforme utilizado por Roese (2009), pois a pressão é maior do que a obtida na infiltração à vácuo, ou até mesmo ter um maior tempo de contato. Não foi possível chegar ao resultado desejado, igual ao obtido por Li, Y. et al. (2016), porém bastante próximo e desejável.

PROPOSTA DE USO MADEIRA DESLIGNIFICADA

É bastante comum o uso de madeira deslignificada no processo de produção de celulose, porém espécies como o Eucalipto (*Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus viminalis*, *Eucalyptus benthamii*) e Pinus (*Pinus taeda*, *Pinus elliotti*, *Pinus caribaea var. hondurensis*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecumani*) (EMBRAPA, 2018).

Por sua maleabilidade ter sido aumentada, pode-se ser utilizada na produção de sacos, potes, pratos, todos ecológicos, biodegradáveis e descartáveis, diminuindo o consumo dos plásticos descartáveis. Devido ao resultando da cor, branca de algumas amostras, pode-se indicar para utilizá-las para divisórias em escritórios, diminuindo o consumo de gesso e demais materiais, visando seu agradável conforto térmico, ou até mesmo ocupando o lugar de telhados com policarbonato. Conforme o estudo de Li, T. et al. (2016) que mostra que é um excelente isolante térmico natural com excelente resistência mecânica podendo proporcionar melhor isolamento térmico e alta capacidade de absorção de impacto.

PROPOSTA DE USO MADEIRA ÓPTICA TRANSPARENTE

Propõe-se utilizar a madeira óptica em produção de placas solares conforme indicado por Li, Y. et al. (2016), ou em janelas, telhados melhorando a iluminação do ambiente e diminuindo o custo com energia elétrica. Foi realizado um estudo

em campo e testes laboratoriais com as respectivas amostras derivadas do resíduo lenhoso para chegar a madeira óptica transparente, conforme demonstrado não somente no estudo destes autores, mas também nos estudos de autores citados anteriormente como Li, T. et al. (2016), Zhu et al. (2016).

Conforme estudos apresentados neste trabalho, a madeira óptica transparente pode ser utilizada em vários meios, não somente em construções de casas, cabanas, entre outras formas que sempre esteve presente na história da humanidade. Este estudo não obteve o mesmo resultado de transparência conforme os estudos Li, Y. et al. (2016) e Li, T. et al. (2016). Mas isso pode ser por utilizar espécies diferentes de vegetais, como os estudos anteriormente publicados utilizaram madeira de Balsa (*Ochroma pyramidale*) comprada na Suécia, ou seja, além de ser uma espécie diferente, suas características e origens são completamente diferentes das amostras utilizadas neste estudo.

Conforme citado por Li, T. et al. (2016) material pode ser utilizado em telhados, vidros de prédios e residências, devida a sua alta resistência a água e absorção de impactos súbitos, e sugerido também por Li, Y. et al. (2016) podem ser utilizadas como placas solares. Baseado em Jung et al. 2015 podemos utilizá-la também em peças de computadores, diminuindo assim o material com presença de elementos contaminantes.

CONCLUSÕES

Através do diagnóstico do gerenciamento de resíduos lenhosos no município de Canoas, podemos chegar à conclusão que a atividade que mais gera é a poda, sendo ela realizada pela Prefeitura, prestadores de serviços ou até mesmo pelos habitantes, e que, muitas vezes, são depositadas em locais não autorizados, ou destinada para aterros sanitários, ocupando espaço, sem ao menos utilizar como matérias prima para outros produtos ecológicos. Mesmo a Secretaria do Meio Ambiente fazendo campanha para plantio de árvores nativas, ainda há grande presença de árvores exóticas, estimula-se o plantio de árvores nativas para poder melhorar a qualidade de vida da população e da fauna presente.

Com testes laboratoriais das amostras de Aroeira-Mansa chegou em resultados bastante atrativos, não se obteve a madeira óptica transparente, pois se faz necessário estudo e investimento maior sobre o material e processo de síntese. Aconselha-se a desenvolver mais este estudo, não somente com esta espécie arbórea, mas com tantas outras presentes na arborização urbana das regiões, para assim, podermos encontrar outras maneiras de utilização dos resíduos lenhosos, uma maneira de conscientização no gerenciamento de resíduos de poda e estimular um pouco mais a economia, tanto em gastos com energia elétrica, quanto espaço em aterros

sanitários, e aumento de interesse de empresários para desenvolver e utilizar como matéria prima os resíduos.

Mesmo não chegando ao resultado desejado, que seria sua transparência total, ainda pode-se utilizar este material, tanto em fabricação de copos ecológicos, composição de papel de parede ecológico, ou até mesmo nas construções, de casas, cabanas, divisórias em ambientes de trabalho, forros de casa, etc. Proporcionando mais economia com custos de energia elétrica, um material que não contém tanto impacto negativo quanto os outros, que, através de processos simples, sua resistência a intempéries ambientais é aumentada. Sem mencionar o uso em tecnologias verdes, diminuindo a utilização de contaminantes em peças de computadores, por exemplo, e sua biodegradabilidade não é tão prejudicial quanto as peças atuais.

Embora os resultados finais obtidos não foram conforme os desejados, porém próximos, recomenda-se a realização de novos estudos que abranjam outras espécies nativas características nas regiões de todo o Brasil, podendo chegar em algum momento ao resultado desejado neste estudo.

REFERÊNCIAS

EMBRAPA. **Eucalipto**. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto/perguntas-e-respostas>. Acesso em: 27 out. 2018.

FARAGE, Rogério Machado Pinto. **Aproveitamento dos resíduos lignocelulósicos gerados no Polo Moveleiro de Ubá para fins energéticos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia pela Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2009.

GOES, Higor Henrique Dias; OLIVEIRA, Aparecida Meneghel de; MELO, Jessica Muniz de; SOUZA, Rita de Cássia Pereira de; MARQUES, Vitor da Costa; OLIVEIRA, Wellington Luiz de; DAL BOSCO, Tatiane Cristina. Compostagem de Resíduo Agroindustrial e Poda de Árvore com aplicação de microrganismos eficientes. **Anais do 8º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos**, Curitiba, de 12 a 14 de junho de 2017.

LI, Tian; YANG, Zhi; ZHU, Mingwei; SONG, Jianwei. Wood Composite as an Energy Efficient Building Material: Guided Sunlight Transmittance and Effective Thermal Insulation. **Materials Views**, [S.L], n. 1601122, p. 1-7, ago./set. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/aenm.201601122>. Acesso em: 01 set. 2018.

LI, Yuanyuan; FU, Qiliang; YU, Shun; YAN, Min; BERGLUND, Lars. Optically Transparent Wood from a Nanoporous Cellulosic Template: Combining Functional and Structural Performance. **Biomacromolecules**, v. 17, p. 1358-1364, 2016.

MORETTI, Sarah Mello Leite; BERTONCINI, Edna Ivani; ABREU-JUNIOR, Cassio Hamilton. Composting sewage sludge with green waste from tree pruning. **Scientia Agricola Piracicaba**, v. 72, n. 5, p. 432-439, 2015.

ROESE, Pedro Barrionuevo. **Impregnação de Peças de Osso Bovino com Poli (Metil Metacrilato): um novo material para o design de produto**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Estado do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/17155>. Acesso em: 14 set. 2018.

ZHU, Hongli; LUO, Wei; CIESIELSKI, Peter N.; FANG, Zhiqiang; ZHU, J. Y.; HENRIKSSON, Gunnar; HIMMEL, Michael E.; HU, Liangbing. Wood-Derived Materials for Green Electronics, Biological Devices, and Energy Applications. **Chemical Reviews**, [S.L], v. 16, n. 101021, p. 9305-9373, jul./set. 2016. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021%2Facs.chemrev.6b00225>. Acesso em: 01 set. 2018.

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

Data de aceite: 06/01/2020

Ana Raira Gonçalves da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Norte -
Escola Agrícola de Jundiá (UFRN – EAJ)
Assú/RN

Jéssica Cavalcante Montenegro

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
(UFERSA)
Mossoró/RN

José Américo de Lira Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Norte -
Escola Agrícola de Jundiá (UFRN – EAJ)
Assú/RN

RESUMO: O uso da tecnologia pelo homem proporciona sempre um avanço científico e econômico ao país. A cada dia surge um equipamento eletrônico mais moderno, como *smartphones*, *tablets*, computadores, memórias e Hd's com mais espaço de armazenamento. Artigos de informática estão, portanto, mais sofisticados, e aqueles que até ontem eram lançamentos, hoje estão obsoletos e são guardados como lembrança ou vão para o lixo, e em seguida são encaminhados à coleta urbana. Assim, com o intuito de investigar como as empresas de manutenção e suporte em informática da cidade de Assú reaproveitam os resíduos gerados desta atividade ou que

destino final os dão, esta pesquisa, estratégica e de cunho descritivo, usou como metodologia o levantamento bibliográfico em livros, artigos, dissertações e teses acadêmicas; seguido da aplicação de um questionário semiestruturado, contendo como variáveis os aspectos socioeconômicos e sustentáveis, e o diagnóstico dos resíduos gerados. O referido questionário foi direcionado aos proprietários ou gerentes dos estabelecimentos que trabalham com suporte e manutenção em informática. Ao fim constatou-se que 50% não sabe como reaproveitar estes resíduos e destina-os ao lixo urbano; 33% armazena todo resíduo gerado em seu depósito para reaproveitar em outros equipamentos; e 17% não sabe como reaproveitar e fornece a uma empresa específica, para tratamento e destino final adequado.

PALAVRAS-CHAVE: REEE. Sustentabilidade Ambiental. Tecnologia.

RECOVERY AND FINAL DESTINATION OF COMPUTER WASTE GENERATED BY COMPUTER MAINTENANCE AND SUPPORT COMPANIES IN ASSÚ / RN CITY

ABSTRACT: The use of technology by man always provides a scientific and economic advance to the country. Every day comes a more modern electronic equipment, such as *smartphones*, *tablets*, computers, memories and

Hd's with more storage space. Computer products are, therefore, more sophisticated, and those that until yesterday were releases, today are obsolete and are kept as a souvenir or go to waste, and then are sent to urban collection. Thus, in order to investigate how the computer maintenance and support companies in the city of Assú reuse the waste generated from this activity or what final destination they give it, this research, strategic and descriptive, used the bibliographic survey in books as a methodology. , articles, dissertations and academic theses; followed by the application of a semi-structured questionnaire, containing as variables the socioeconomic and sustainable aspects, and the diagnosis of the generated residues. This questionnaire was directed to owners or managers of establishments that work with support and maintenance in computer science. In the end it was found that 50% do not know how to reuse this waste and dispose of it to urban waste; 33% stores all waste generated in its deposit for reuse in other equipment; and 17% do not know how to reuse and provide a specific company for proper treatment and final destination.

KEYWORDS: WEEE. Environmental sustainability. Technology.

INTRODUÇÃO

Em um mundo globalizado as tecnologias avançam rapidamente, todos os dias novos elementos e funções são incorporados a computadores, celulares, *tablets*, impressoras, *mouses* e teclados; pois o homem necessita sempre aperfeiçoar e melhorar as funcionalidades de seus equipamentos, que com rapidez são deixados para trás pela substituição por outro mais moderno. Surge então a dúvida de como descartar o equipamento eletrônico que não será mais utilizado.

Segundo Filho et al. (2012) os equipamentos de informática geram significativa quantidade de lixo eletrônico, que armazenado e destinado em locais inadequados, além de gerar grande impacto ambiental devido sua composição química e lenta decomposição, impactam negativamente na saúde e bem estar das pessoas.

Hoje os resíduos sólidos são regulamentados pela Lei 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; faz parte desta lei as orientações e recomendações quanto ao gerenciamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, os quais estão inseridos todos os equipamentos de atividades de manutenção e suporte de computadores, como fios, *mouses*, impressoras, cabos, teclados e placas de diversas funcionalidades.

Assim, com objetivo de investigar como as empresas de manutenção e suporte em informática, que compõem o setor mercadológico na cidade de Assú, reaproveitam e gerenciam seus resíduos provenientes da atividade de manutenção e suporte em informática. Este trabalho propôs o levantamento através de uma pesquisa de campo, para qual se aplicou um questionário semiestruturado em que elencava conceitos de sustentabilidade ambiental, abordando a legislação referente

aos resíduos sólidos; em seguida investigou-se quais equipamentos geram mais resíduos; como os resíduos são reaproveitados e qual o destino final para aquele considerado lixo.

Ao fim pode-se concluir que há empresas que armazenam seus resíduos em depósito próprio para possíveis usos em outros equipamentos, como substituição de peças; há uma empresa que contrata outra empresa específica e implanta em seu estabelecimento a coleta de equipamentos eletrônicos, pilhas e baterias, que requer um custo maior, mas que são conscientes que estão fazendo grande bem ao meio ambiente, implantando conceitos de logística reversa. No entanto, há aquelas empresas que não sabem como reaproveitar as peças dos equipamentos e destinam estes resíduos como lixo, que são levados pela coleta urbana proporcionando grandes impactos ao meio ambiente.

OBJETIVOS

Geral

Diagnosticar o destino final e o reaproveitamento dos resíduos computacionais gerados por empresas de manutenção e suporte em informática da cidade de Assú.

Específicos

- Levantar os principais resíduos computacionais gerados pelo trabalho de manutenção e suporte em informática;
- Investigar se estes resíduos são reaproveitados pelo setor;
- Averiguar como os resíduos são reaproveitados;
- Apurar o destino final dos resíduos não reaproveitáveis

METODOLOGIA UTILIZADA

O trabalho aqui apresentado trata-se de uma pesquisa estratégica de cunho descritivo, na qual se estudou, com aprofundamento, em dissertações, teses, livros e outros documentos todas as características inerentes aos resíduos gerados pela atividade de manutenção e suporte em informática. Para tanto, este trabalho foi dividido em três partes fundamentais: o referencial teórico, elemento que serviu de apoio para as demais; elaboração e aplicação de um questionário semiestruturado contendo as seguintes variáveis: aspectos socioeconômicos e sustentáveis, e diagnósticos dos resíduos gerados; e por fim, os resultados e discussões, que foram tabulados e apresentados em tabelas e figuras.

A pesquisa de campo consistiu em levantar todas as empresas atuantes na cidade de Assú/RN que trabalham com manutenção e suporte em informática, ao todo foram 5 empresas; e junto às mesmas aplicou-se o questionário individualmente com os gerentes e/ou proprietários, a primeira parte do questionário sugeriu uma visão geral que a empresa possui sobre conceitos de sustentabilidade ambiental e gestão de resíduos, como também o perfil dos funcionários. Na segunda parte do questionário, foi levantado os equipamentos que mais geram resíduos, como estes resíduos são armazenados e reaproveitados, como também para onde e como são destinados quando não são utilizados.

RESULTADOS OBTIDOS

Os principais resíduos computacionais gerados pelas empresas de manutenção e suporte em informática encontram-se especificados na Tabela 1, são peças de computador de mesa e *notebooks*.

RESÍDUOS	%
Cabos, <i>mouses</i> e <i>notebook</i>	39
Placa mãe, placa de vídeo e placa de som	22
Teclado e memórias	19
Fontes, estabilizadores, baterias	16
Outros	4

Tabela 1: Equipamentos que mais geram resíduos computacionais

Como outros equipamentos que compõem os resíduos computacionais que muitas vezes viram lixo eletrônico apareceram: *toners*, teclados e Hd's,

Para identificar o possível reaproveitamento dos resíduos computacionais, por parte das empresas, o questionário tratou este assunto em uma seção específica, na qual constatou-se que 67% não os reaproveitam, e 33% reaproveita-os em outros equipamentos (Figura 1), como troca de peças de computadores, substituição de placas, e utilização de equipamentos como teste.

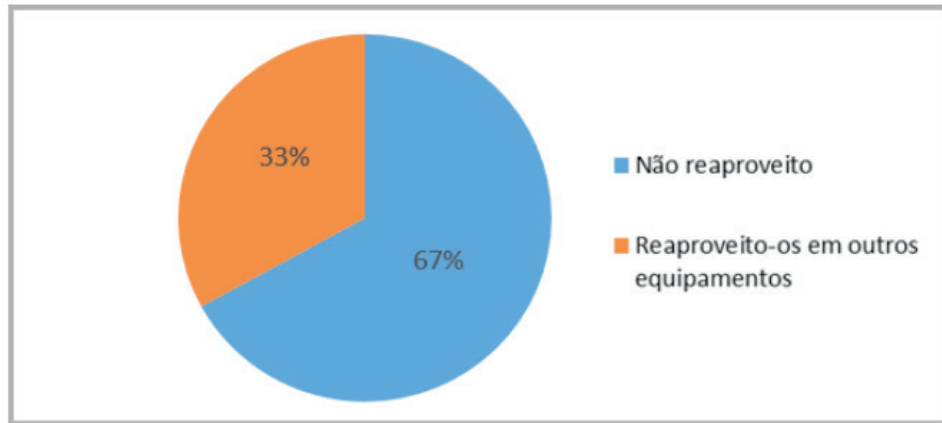


Figura 1: Resposta dada pelos proprietários/gerentes à pergunta: “Você reaproveita esses resíduos?”.

Em relação a não reaproveitar os resíduos e ao destino final dos mesmos, 50% não sabe como reaproveitá-los e coloca-os no lixo urbano, para que a coleta da cidade leve-os para o lixão; 33% armazena em um depósito para reaproveitá-los em outros equipamentos com a troca de possíveis peças; e 17% não sabe como reaproveitá-los e fornecem a uma empresa específica, que trata do destino final destes resíduos (Figura 2).

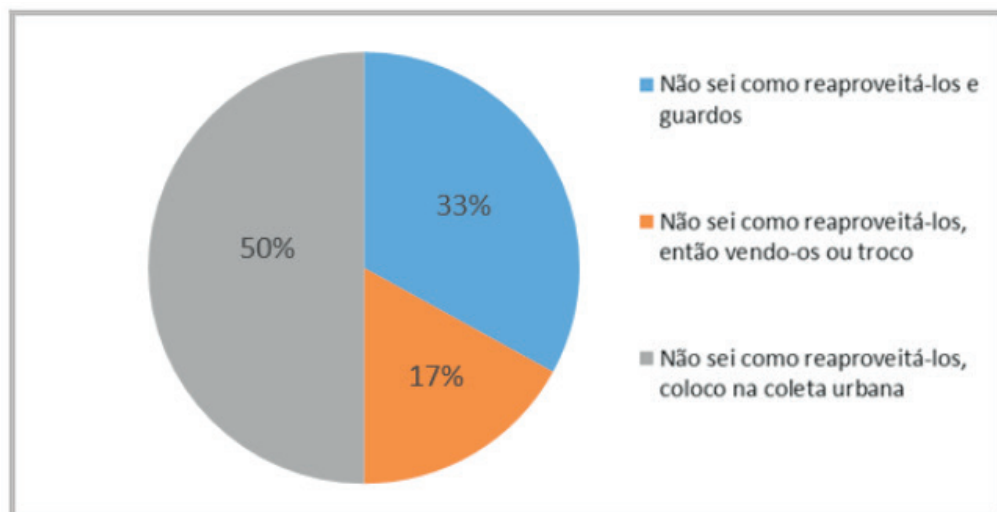


Figura 2: Resposta dada pelos proprietários/gerentes à pergunta: “Como você reaproveita esses resíduos?”.

Nesta pesquisa o questionário aplicado abordou em uma sessão específica tópicos sobre a Legislação referente aos resíduos computacionais, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, regulamentada pela Lei 12.305/2010, que trata em seu Artigo 33 sobre inciso VI sobre produtos eletroeletrônicos e seus componentes, e o Decreto nº 9177 de 23 de outubro de 2017, regulamenta este Artigo. Na Figura 3 percebe-se que 50% dos proprietários ou gerentes não conhecem a Lei 12.305/2010, 33% já ouviu falar, mas não lembra, e 17% não conhece.

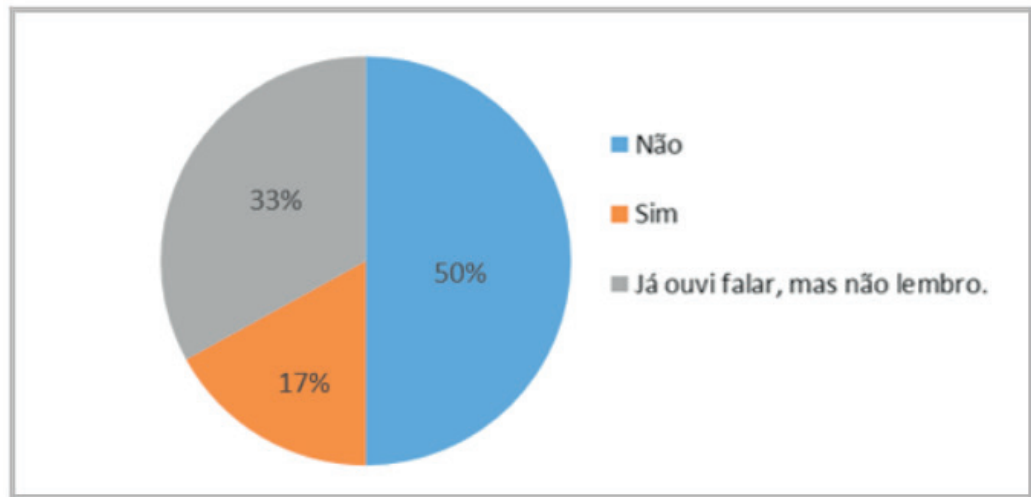


Figura 3: Resposta dada pelos proprietários/gerentes à pergunta: “Você conhece a Lei 12.305/2010?”.

Com a Figura 4 percebe-se que 84% das empresas não conhecem o Decreto nº 9.177 de 23 de outubro de 2017, que *estabelece as normas para assegurar a isonomia na fiscalização e no cumprimento das obrigações imputadas aos fabricantes, aos importadores, aos distribuidores e aos comerciantes de produtos, seus resíduos e suas embalagens sujeitos à logística reversa obrigatória*. Na alternativa “já ouvi falar, mas não lembro” não ouve ninguém que tivesse ouvido falar em jornais e internet; já 16% afirmaram conhecer o referido decreto. Inferindo-se que apesar de as empresas afirmarem que conhecem a legislação poucas acompanham as mudanças e alterações que há na legislação vigente.

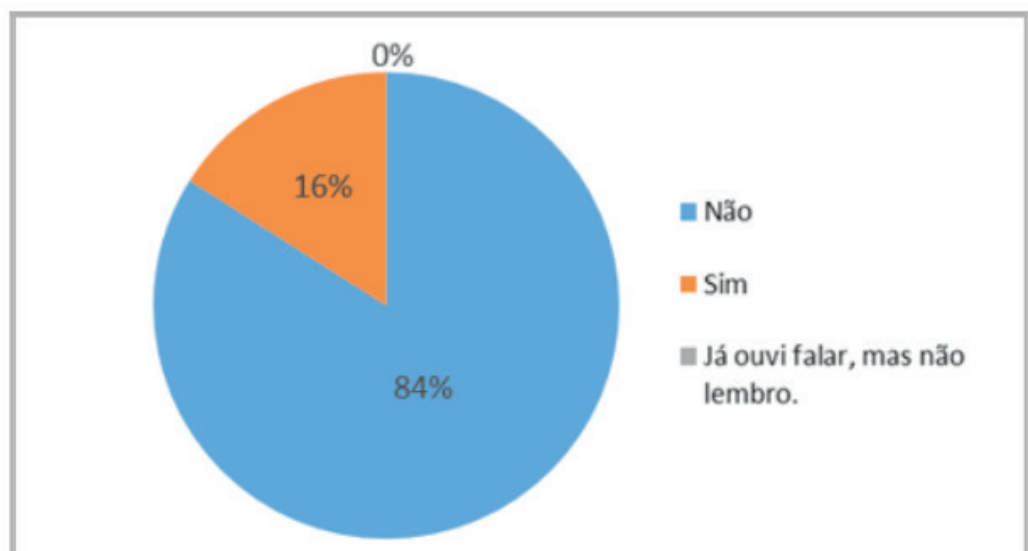


Figura 4: Resposta dada pelos proprietários/gerentes à pergunta: “Você conhece a Decreto nº 9.177:2017?”.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Ao analisarmos os resultados obtidos com aplicação do questionário

semiestruturado percebe-se que poucas empresas conhecem as legislações pertinentes aos resíduos gerados pela sua atividade econômica, e não acompanham os decretos das legislações específicas. Como também não sabem o que fazer com o resíduo computacional gerado, colocando-os, em sua maioria, dispostos para a coleta urbana em caixas de papelão, sacos e sacolas plásticas, ou até mesmo sem algum acondicionamento. A coleta, através do caminhão de lixo, recolhe e deposita no lixão da cidade. Duas empresas que possuem seus próprios depósitos, armazenam todo e qualquer tipo de resíduo computacional, para que possivelmente utilize as peças armazenadas em algum conserto de outro equipamento, uma alternativa boa para a empresa que possui espaço disponível e trabalha com conserto em geral. É uma alternativa também para aquelas empresas que possuem imóvel próprio. Já a empresa que destina a uma empresa específica, mostrou-se mais adequada em gerenciar seus resíduos, pois os que eles não conseguem reaproveitar passa para a empresa específica que trata-os adequadamente, implementando dessa forma a logística reversa; esta empresa recebe todo e qualquer equipamento eletrônico depositados em coletores específicos, como o recolhimento de pilhas e baterias.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

As empresas de suporte e manutenção em informática, da cidade de Assú, apresentam um perfil em que seus proprietários são pessoas que não possuem curso técnico ou graduação na área de informática, nem na área de meio ambiente, mostrando-se somente como empreendedores que viram no setor a oportunidade de negócio, sendo este, portanto, um fator que leva algumas das empresas a gerenciarem e destinarem de forma equivocada seus resíduos.

Estas empresas geram como principais resíduos da atividade: cabos, *mouses*, *notebooks* e placas, os quais em sua maioria não são reaproveitados. Quando isto acontece, esses itens são dispostos à coleta urbana do município, pois os proprietários não sabem o que fazer com estes resíduos, mesmo tendo consciência que este ato gera grandes impactos ao meio ambiente. Sendo que apenas duas empresas têm seu próprio depósito e armazenam todos os resíduos, pois não sabem para onde encaminhá-los.

Dentre as empresas analisadas, apenas uma se mostrou realmente preocupada com o meio ambiente, e que usa conceitos de sustentabilidade ambiental; seus proprietários conhecem a Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Decreto que regulamenta o Artigo 33 desta Lei. Como também neste estabelecimento há prática de logística reversa, estando dispostos a receberem qualquer lixo computacional, pois estes são encaminhados a uma empresa específica que os trate adequadamente.

Em função do cenário diagnosticado, é pouco provável que as empresas que colocam os resíduos na coleta urbana deixem de fazê-lo, pois não sabem se há uma política municipal referente a estes resíduos. E apesar de afirmarem que se preocupam com o meio ambiente, se mostram contrários quando não usam conceitos de sustentabilidade ambiental em suas atividades e em atividades das empresas.

REFERÊNCIAS

AMADO, Natalia Alvea. **Logística Reversa: Solução ambiental, social e econômica**. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/negocios/logistica-reversa-solucao-ambiental-social-e-economica/107863/>> Acesso em: 21/05/2018

ANDREOLI, Cleverson V. **Resíduos sólidos: origem, classificação e soluções para destinação final adequada**. Coleção Agrinho. 2014. Disponível em: <http://www.agrinho.com.br/site/wp-content/uploads/2014/09/32_Residuos-solidos.pdf> Acesso em: 21/05/2018

BECKER, Deise Viviane; BARCELLOS, Olinda; VEIGA, Valéria Dias. **Na questão do micro lixo no desenvolvimento de educação para sustentabilidade**. UFRS. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/sustentabilidade/?cat=19>> Acesso em: 06/06/2018.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à engenharia ambiental**. 2ª Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

CARDOSO, Josué Antonio. **Sustentabilidade Ambiental: estudo em uma indústria e comércio de artigos esportivos**. Santa Catarina. 2011. Disponível em: <<http://dvl.ccn.ufsc.br/congresso/anais/4CCF/20110114150950.pdf>> Acesso em: 06/06/2018

Disponível em: <<http://esambiental.com.br/reee-lixo-eletronico/>> Acesso em: 21/05/2018.

___ **Decreto 9.177 de 23 de outubro de 2017**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/Decreto/D9177.htm> Acesso em: 20/05/2018.

Filho, Fernando Medeiros et al. **A sustentabilidade na informática: análise das consequências causadas pelo lixo eletrônico**. 2012. Disponível em: <http://editorarealize.com.br/revistas/enect/trabalhos/Comunicacao_565.pdf> Acesso em: 12/06/2018.

___ **Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>> Acesso em: 20/04/2018.

MACHADO, Gleysson B. **A reciclagem**. Disponível em: <<https://portalresiduossolidos.com/a-reciclagem/>> Acesso em: 20/05/2018.

MELLO, Milton Ferreira de. **Logística reversa no descarte de lixo tecnológico**. Disponível em: <<http://m.acritica.net/noticia/amp/280675/logistica-reversa-no-descarte-de-lixo-tecnologico/>> Acesso em: 20/05/2018.

___ **NBR 10004:2010 - Resíduos Sólidos**

NETO, Teófilo José Gonçalves. **Lixo computacional, obsolescência planejada e logística reversa: relações a desvendar e a aprender**. Distrito Federal, 2015. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/13322/1/2015_TefiloJoseGoncalvesNeto.pdf> Acesso em: 20/05/2018.

NETO, Victor Bicca et al. **Cempre Review 2015**. São Paulo, 2015.

PINHEIRO. Eduardo Lima et. al. **Plano de gerenciamento integrado de Resíduos de Equipamento Elétricos e Eletrônicos**. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/minas_sem_lixoes/2010/eletroeletrnicos.pdf> Acesso em: 22/05/2018.

REIS. Augusto Gomes Vieira. **Disposição de Resíduos**. UNESP EaD. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res06.html>> Acesso em: 20/05/2018.

SILVA. Arnold José Freitas da. **E-lixo: o reaproveitamento de materiais computacionais na Cinbesa como proposta de responsabilidade Socioambiental em Belém**. VIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos11/1331491.pdf>> Acesso em: 21/05/2018

STEPHANOU. João. **Sustentabilidade: Resultados de pesquisas do PPGA/UFRGS – Gestão de Resíduos Sólidos: Um modelo integrado que gera benefícios econômicos, sociais e ambientais**. UFRS. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/sustentabilidade/?p=235>> Acesso em: 06/06/2018.

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

Data de aceite: 06/01/2020

Fernando Periard Gurgel do Amaral

Universidade Estácio de Sá – Engenharia
Ambiental e Sanitária
Niterói - RJ

Raquel Lima Oliveira

Universidade Estácio de Sá – Engenharia
Ambiental e Sanitária
Niterói - RJ

Juliana Jardim Colares

Universidade Estácio de Sá – Engenharia
Ambiental e Sanitária
Niterói - RJ

Marina França Guimarães Marques

Universidade Estácio de Sá – Engenharia
Ambiental e Sanitária
Niterói - RJ

Guilherme Bretz Lopes

Universidade Estácio de Sá – Engenharia
Ambiental e Sanitária
Niterói - RJ

RESUMO: O crescente desenvolvimento econômico acelerado das últimas décadas tem trazido impactos ambientais proporcionais a esse crescimento, sendo um dos principais segmentos contribuintes é o da construção civil, tanto pelo alto consumo de recursos naturais, como pela grande geração de resíduos sólidos.

O Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros - SUAPE, maior pólo econômico de Pernambuco, concentrou vários empreendimentos na construção do Porto de SUAPE e na instalação da primeira fase da Refinaria Abreu e Lima – RNEST, caracterizados por um alto consumo de minerais e uma expressiva geração de resíduos de construção e demolição (RCD). Em contrapartida, houve um inexpressivo reaproveitamento desses resíduos. Atualmente os RCD são cada vez mais vistos como uma fonte alternativa de matéria prima, a ser reutilizada no próprio segmento que a gerou, ou seja, retornando ao processo produtivo da construção civil, reduzindo custos e minimizando os impactos ao meio ambiente. Com a recente retomada das obras de construção da RNEST, vislumbrou-se uma oportunidade para estimular empresas a adotarem um gerenciamento dos RCD com maior ganho ambiental e econômico que a atual destinação ao único aterro industrial licenciado existente na região, através de um estudo de viabilidade de reciclagem desse resíduo. Os resultados desse trabalho permitiram concluir que essa viabilidade existe, com ganho ambiental e econômico significativo quando se adota a reciclagem dos RCD em agregados para a utilização em concreto não estrutural, fabricação de blocos ou utilização na melhoria de ruas não pavimentadas.

PALAVRAS-CHAVE: SUAPE; Resíduos; Construção; Viabilidade; Reciclagem.

RECYCLING OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE - A VIABILITY STUDY IN THE SUAPE/PERNAMBUCO REGION

ABSTRACT: The growing accelerated economic development of the last decades has brought environmental impacts proportional to this growth, being one of the main contributing segments is that of civil construction, both due to the high consumption of natural resources, as By the large generation of solid waste. The port Industrial complex Governor Eraldo Gueiros-SUAPE, the largest economic hub in Pernambuco, concentrated several ventures in the construction of the port of SUAPE and the installation of the first phase of the Abreu e Lima – RNEST refinery, characterised by a high Consumption of minerals and a significant generation of construction and demolition waste (RCD). On the other hand, there was an inexpressive reuse of these residues. Currently the RCDS are increasingly seen as an alternative source of raw material, to be reused in the segment itself that generated it, that is, returning to the production process of construction, reducing costs and minimizing impacts to the environment. With the recent resumption of the construction works of the RNEST, an opportunity was seen to stimulate companies to adopt a management of the RCD with greater environmental and economic gain than the current destination to the only industrial landfill licensed existing in Region through a feasibility study to recycle this residue. The results of this study allowed us to conclude that this viability exists, with significant environmental and economic gain when recycling of RCDS in aggregates for use in non-structural concrete, block fabrication or use in Improvement of unpaved streets.

KEYWORDS: SUAPE; Waste; Construction; Viability; Recycling.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil tem crescido muito nos últimos 20 anos, trazendo um enorme contingente de obras que se confronta com a pouca infra-estrutura existente para acompanhá-lo, acarretando muitos impactos ambientais decorrente do alto consumo de matérias-primas e insumos e do gerenciamento simplista e, na maior parte das vezes, deficiente dos resíduos sólidos gerados.

Segundo Karpinsk et al. (2009), a atividade da construção civil tem grande impacto sobre o meio ambiente em razão do consumo de recursos naturais ou extração de jazidas, do consumo de energia elétrica nas fases de extração, transformação, fabricação, transporte e aplicação, da geração de resíduos decorrentes de perdas, desperdício e demolições, bem como do desmatamento e de alterações no relevo.

Há uma estimativa de que o setor da construção civil brasileira consome cerca de 210 milhões de toneladas por ano de produtos minerais somente para a produção

de argamassas e concretos. Atualmente o RCD chega a ter uma proporção muito próxima ao resíduo doméstico. Pinto (1999) estimou que nas grandes cidades brasileiras, essa proporção pode aumentar e chegar a 70% do total dos resíduos sólidos urbanos produzidos.

Esse panorama foi claramente visível no Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros – SUAPE e na Refinaria Abreu e Lima - RNEST, localizados na Região Metropolitana de Recife, onde na última década houve um massivo investimento. A magnitude das obras em SUAPE transformou-o em um grande canteiro de obras, gerando diversos impactos tanto ambientais, como sociais.

A geração dos mais diversos resíduos chegou a centenas de toneladas mensais. Somente em um dos projetos-âncora, houve um volume estimado de geração de resíduos de construção e demolição (RCD) na ordem de 20.000 a 30.000 m³.

Embora os números tenham sido altos, a infraestrutura existente na região para absorver a demanda dos resíduos gerados nas obras foi limitada. Nem o poder público, nem a iniciativa privada se prepararam previamente para também investirem na área ambiental para receber os empreendimentos e os investimentos na região.

SUAPE é o único complexo industrial portuário do Brasil a destinar 45% de sua área para preservação ambiental, mas apesar desse diferencial, o porto acumula um passivo ambiental relevante advindo do cultivo de cana-de-açúcar, que somados aos impactos gerados nos empreendimentos da região, configuram um quadro de degradação que necessita ações urgentes.

Com a retomada das obras da RNEST, há o risco do único aterro licenciado para receber RCD não suportar a demanda de todas as obras previstas para a definitiva conclusão da refinaria, além de existirem outros agravantes.

Dentro desta realidade, através do presente trabalho procurou-se verificar a viabilidade de uma solução alternativa à destinação dos RCD ao aterro industrial, como por exemplo, a reciclagem em agregados para a utilização em concreto não estrutural, fabricação de blocos ou simplesmente utilização na melhoria de ruas não pavimentadas.

Com isso procura-se estimular as empresas geradoras destes resíduos a adotarem a reciclagem dos RCD, de modo a reincorporar o agregado obtido nos seus processos produtivos ou aplicá-lo em outras obras de infraestrutura da região, obtendo-se assim a redução do consumo de recursos minerais e a minimização da destinação de resíduos a aterros.

2 | OBJETIVOS

Realizar um estudo de viabilidade de reciclagem de resíduos de construção e demolição RCD na região de SUAPE em Pernambuco.

Para atingir o objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Discutir os problemas ambientais causados pela geração de RCD;
- Verificar as alternativas existentes para o gerenciamento dos RCD conforme exigências da Resolução CONAMA N° 307/2002;
- Confrontar os custos oriundos da destinação de RCD ao aterro da Muribeca frente aos custos decorrentes da reciclagem, balanceado com a possível economia na substituição de brita por agregado reciclado.

3 | METODOLOGIA UTILIZADA

Foram levantados os custos relativos ao gerenciamento dos RCD no modelo corriqueiro de gestões adotadas pelas das empresas geradoras em SUAPE (coleta em caçambas estacionárias, transporte e destinação ao aterro da Muribeca) e confrontado com as estimativas de custos de britagem no próprio local de geração, agregado à possível economia gerada pela substituição de brita por material reciclado.

4 | RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

4.1 Estudo de caso – suape

O Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros - SUAPE está situado a 40 quilômetros ao sul de Recife, em uma área de 13,5 mil hectares nos municípios de Ipojuca e Cabo de Santo Agostinho e por ter uma localização privilegiada que permite às empresas escoarem e receberem produtos através das rotas que levam a mais de 160 portos no mundo todo, tornou-se o maior empreendimento econômico do Estado, possuindo hoje mais de 100 empresas implantadas e mais 15 iniciativas em fase final de implantação. Três grandes projetos-âncora puxaram a maioria dos aportes: a Refinaria Abreu e Lima (RNEST), o Estaleiro Atlântico Sul (EAS) e a Petroquímica SUAPE, cujas obras de implantação consumiram muitos recursos minerais e geraram uma quantidade bastante expressiva de RCD. O fator mais impactante para o gerenciamento dos RCD em SUAPE está no fato de haver disponível na região apenas um aterro industrial licenciado para a sua disposição final. Com a retomada das obras na RNEST, tem-se uma nova oportunidade para a implantação de processos de reciclagem que possam produzir agregados em volume compatível com velocidade de geração dos resíduos e com uma qualidade que garanta a sua aplicação na própria obra, com balanço econômico favorável. O gerenciamento de resíduos mais comuns na construção civil é aquele que abrange apenas a simples destinação final a um aterro, cujos componentes financeiros são o aluguel de caçambas estacionárias (“papa-entulhos”), o transporte até o destino final

e a deposição no aterro.

Itens	Só Reciclável do Nordeste Ltda	Empresa B	Empresa C
Locação de 05 caçambas estacionárias de 5 m ³	R\$ 1.250,00	R\$ 1.350,00	R\$ 1.400,00
25 Transportes até o aterro CTR-Candeias (caçamba de 5 m ³)	R\$ 6.250,00	R\$ 6.625,00	R\$ 6.750,00
25 Deposição no aterro CTR-Candeias (caçamba de 5 m ³)	R\$ 5.700,00	R\$ 5.700,00	R\$ 5.700,00
Total mensal para 25 destinações (125 m ³ de RCD)	R\$ 13.200,00	R\$ 13.675,00	R\$ 13.850,00
Custos por m ³ de RCD gerado	R\$ 105,60	R\$ 109,40	R\$ 110,80

Tabela 1 – Custos para destinação de RCD para o aterro CTR-Candeias.

Fonte: Autores.

Percebe-se que os valores, na tabela 1, entre as três empresas estão bem próximos, porém, a empresa Só Reciclável do Nordeste apresentou o menor valor. Devido ao grande volume de RCD gerado ao longo de uma obra, no custo final total haverá uma diferença considerável.

Levantamento de custos para a reciclagem dos RCD:

A reciclagem dos RCD no seu local de geração para uso posterior do agregado na própria obra é uma das melhores alternativas para o gerenciamento dos resíduos, pois evita o risco de acidentes quando do transporte a recicladoras, assim como possíveis destinações a locais não autorizados.

Morais (2006 apud SANTOS, 2008), afirma que, nas obras de demolições, as características dos resíduos em função dos tipos de processos de construção civil podem ser assim definidas:

São os tijolos e concretos que se apresentam com maior representatividade nos resíduos. Enquanto que a geração dos RCD, originadas de novas construções, estão nas perdas físicas resultantes do processo construtivo desde a fundação, a elevação das alvenarias, nos revestimentos e acabamentos das edificações.

(MORAIS, 2006 apud SANTOS, 2008).

Itens	Tamanho do agregado reciclado a obter	
	Brita (boca de saída 20 mm)	Rachão (boca de saída 100 mm)
Quantidade de RCD gerado	125 m ³	125 m ³
Produtividade do equipamento	15 m ³ /h	30 m ³ /h
Tempo de trabalho necessário	8,33 h	4,17 h

Custo do serviço de britagem (locação de escavadeira com a caçamba trituradora, combustível e operador)	R\$ 280,00/h	R\$ 280,00/h
Custo total para britagem de 125 m ³ de RCD	R\$ 2.332,40	R\$ 1.166,67
Custos por m ³ de RCD gerado	R\$ 18,66	R\$ 9,33

Tabela 2 – Custos para a britagem *in loco* de RCD.

Fonte: empresa AC Tratores e Serviços Ltda.

Como resultados esperados, espera-se contribuir com o empreendimento, através de melhorias para eliminar os passivos ambientais da região, verificar a viabilidade de uma solução alternativa à destinação dos RCD ao aterro industrial, como por exemplo, a reciclagem em agregados para a utilização em concreto não estrutural, fabricação de blocos ou simplesmente utilização na melhoria de ruas não pavimentadas.

Com isso procura-se estimular as empresas geradoras destes resíduos a adotarem a reciclagem dos RCD, de modo a reincorporar o agregado obtido nos seus processos produtivos ou aplicá-lo em outras obras de infraestrutura da região, obtendo-se assim a redução do consumo de recursos minerais e a minimização da destinação de resíduos a aterros.

5 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Das três empresas que trabalham com o serviço de gerenciamento de resíduos na região de SUAPE, a empresa Só Reciclável do Nordeste Ltda apresentou o menor custo para a destinação dos RCD para o aterro CTR-Candeias, R\$ 105,60/m³. Comparando-se os custos relativos à destinação ao aterro CTR-Candeias e a alternativa de reciclagem na própria obra, observa-se uma redução de custo de 82,3% para um agregado com dimensão de brita e 91,2% para um agregado com dimensão de rachão. Para a base de cálculo tomou-se a informação dada por um dos projetos-âncora de SUAPE, a construção das interligações entre as unidades da RNEST, cuja empresa não permitiu a identificação pela sua política de uso de nome e imagem: o volume de RCD gerados mensalmente foi em média de 125 m³ e a sua frequência de destinação - uma média de 25 destinações mensais utilizando-se 5 caçambas estacionárias de 5 m³ de capacidade. Calculou-se então o custo total por m³ de RCD gerado, apresentados na Tabela 3.

Itens	Só Reciclável do Nordeste Ltda	Empresa B	Empresa C
Locação de 05 caçambas estacionárias de 5 m ³	R\$ 1.250,00	R\$ 1.350,00	R\$ 1.400,00
25 Transportes até o aterro CTR-Candeias (caçamba de 5 m ³)	R\$ 6.250,00	R\$ 6.625,00	R\$ 6.750,00
25 Deposição no aterro CTR-Candeias (caçamba de 5 m ³)	R\$ 5.700,00	R\$ 5.700,00	R\$ 5.700,00
Total mensal para 25 destinações (125 m ³ de RCD)	R\$ 13.200,00	R\$ 13.675,00	R\$ 13.850,00
Custos por m ³ de RCD gerado	R\$ 105,60	R\$ 109,40	R\$ 110,80

Tabela 3 – Custo total por m³ de RCD gerado

Fonte: Autores

5.1 Levantamento de custos com o gerenciamento usual dos RCD

O gerenciamento de resíduos mais comuns na construção civil é aquele que abrange apenas a simples destinação final a um aterro, cujos componentes financeiros são o aluguel de caçambas estacionárias (“papa-entulhos”), o transporte até o destino final e a deposição no aterro.

Para o estudo de caso em SUAPE, foram coletados dados dos custos envolvidos no gerenciamento dos RCD entre 3 empresas prestadoras desse tipo de serviço na região, das quais apenas uma autorizou sua identificação:

a) Empresa Só Reciclável do Nordeste Ltda:

Locação de caçamba estacionária de 5 m³: R\$ 250,00/mês/caçamba;

Transporte de SUAPE ao aterro CTR-Candeias: R\$ 250,00/caçamba de 5 m³;

Deposição no aterro CTR-Candeias: R\$ 76,00/ton. Considerando uma razão massa/volume de 0,6, temos que para 5 m³ o custo é de R\$ 228,00.

b) Empresa B:

Locação de caçamba estacionária de 5 m³: R\$ 270,00/mês/caçamba;

Transporte de SUAPE ao aterro CTR-Candeias: R\$ 265,00/caçamba de 5 m³;

Deposição no aterro CTR-Candeias: R\$ 76,00/ton. Considerando uma razão massa/volume de 0,6, temos que para 5 m³ o custo é de R\$ 228,00.

c) Empresa C:

Locação de caçamba estacionária de 5 m³: R\$ 280,00/mês/caçamba;

Transporte de SUAPE ao aterro CTR-Candeias: R\$ 270,00/caçamba de 5 m³;

Deposição no aterro CTR-Candeias: R\$ 76,00/ton. Considerando uma razão massa/volume de 0,6, temos que para 5 m³ o custo é de R\$ 228,00.

Para a base de cálculo tomou-se a informação dada por um dos projetos-âncora de SUAPE, a construção das interligações entre as unidades da RNEST, cuja empresa não permitiu a identificação pela sua política de uso de nome e imagem: o

volume de RCD gerados mensalmente foi em média de 125 m³ e a sua frequência de destinação - uma média de 25 destinações mensais utilizando-se 5 caçambas estacionárias de 5 m³ de capacidade. Calculou-se então o custo total por m³ de RCD gerado, apresentados na Tabela 4:

Itens	Só Reciclável do Nordeste Ltda	Empresa B	Empresa C
Locação de 05 caçambas estacionárias de 5 m ³	R\$ 1.250,00	R\$ 1.350,00	R\$ 1.400,00
25 Transportes até o aterro CTR-Candeias (caçamba de 5 m ³)	R\$ 6.250,00	R\$ 6.625,00	R\$ 6.750,00
25 Deposição no aterro CTR-Candeias (caçamba de 5 m ³)	R\$ 5.700,00	R\$ 5.700,00	R\$ 5.700,00
Total mensal para 25 destinações (125 m ³ de RCD)	R\$ 13.200,00	R\$ 13.675,00	R\$ 13.850,00
Custos por m ³ de RCD gerado	R\$ 105,60	R\$ 109,40	R\$ 110,80

Tabela 4 – Custos para destinação de RCD para o aterro CTR-Candeias.

Fonte: Autores.

Percebe-se que os valores entre as três empresas estão bem próximos, porém, a empresa Só Reciclável do Nordeste apresentou o menor valor. Devido ao grande volume de RCD gerado ao longo de uma obra, no custo final total haverá uma diferença considerável.

5.2 Levantamento de custos para a reciclagem dos RCD

A reciclagem dos RCD no seu local de geração para uso posterior do agregado na própria obra é uma das melhores alternativas para o gerenciamento dos resíduos, pois evita o risco de acidentes quando do transporte a recicladoras, assim como possíveis destinações a locais não autorizados.

Na região, a única empresa que possui a caçamba trituradora para britagem dos RCD no próprio local gerador é a AC Tratores e Serviços Ltda, que disponibilizou os dados sobre os custos envolvidos para esse tipo de operação.

Como base de cálculo, tomou-se o mesmo volume de RCD contemplado no item 3.1 e a produtividade do equipamento, calculando-se o custo total por m³ de RCD gerado, apresentados na Tabela 5:

Itens	Tamanho do agregado reciclado a obter	
	Brita (boca de saída 20 mm)	Rachão (boca de saída 100 mm)
Quantidade de RCD gerado	125 m ³	125 m ³
Produtividade do equipamento	15 m ³ /h	30 m ³ /h
Tempo de trabalho necessário	8,33 h	4,17 h

Custo do serviço de britagem (locação de escavadeira com a caçamba trituradora, combustível e operador)	R\$ 280,00/h	R\$ 280,00/h
Custo total para britagem de 125 m ³ de RCD	R\$ 2.332,40	R\$ 1.166,67
Custos por m ³ de RCD gerado	R\$ 18,66	R\$ 9,33

Tabela 5 – Custos para a britagem *in loco* de RCD.

Fonte: empresa AC Tratores e Serviços Ltda.

Dependendo do tipo de agregado reciclado que se deseja obter, a produtividade aumenta o que reduz o custo, visto o mesmo estar relacionado ao tempo de operação do equipamento. Quanto maior a granulometria do agregado reciclado, menor tempo será necessário para britar um mesmo volume de RCD do que um agregado de menor granulometria.

Dessa forma, tem-se que das três empresas que trabalham com o serviço de gerenciamento de resíduos na região de SUAPE, a empresa Só Reciclável do Nordeste Ltda apresentou o menor custo para a destinação dos RCD para o aterro CTR-Candeias, R\$ 105,60/m³.

Quanto à reciclagem dos RCD no próprio local de geração, o custo é de R\$ 18,66/m³ para a obtenção de um agregado com dimensões de brita e de R\$ 9,33/m³ para a obtenção de um agregado com dimensões de rachão.

Comparando-se os custos relativos à destinação ao aterro CTR-Candeias e a alternativa de reciclagem na própria obra, observa-se uma redução de custo de 82,3% para um agregado com dimensão de brita e 91,2% para um agregado com dimensão de rachão.

6 | CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A alternativa de reciclagem de RCD na região de SUAPE em Pernambuco, utilizando-se um equipamento do tipo caçamba trituradora no próprio local de geração do resíduo, demonstrou uma redução de custos de 82,3% a 91,2% em relação à usual destinação final ao aterro industrial CTR-Candeias.

Não houve acesso ao planejamento das obras que estão sendo retomadas na RNEST para a obtenção de dados projetados do volume de RCD a serem gerados, mas considerando a informação dada pela empresa que foi responsável pela construção das interligações entre as unidades da RNEST de que gerou mais de 20.000 m³ de RCD ao longo da obra que executou na refinaria, o custo que teria hoje seria de R\$ 2.112.000,00 e se fosse adotada a reciclagem dos resíduos, o custo reduziria para R\$ 186.600,00 a R\$ 373.200,00 para agregado tamanho rachão e

agregado tamanho brita, respectivamente.

Fica evidente que a adoção de reciclagem dos RCD na própria obra é viável, não só pela significativa redução de custos que traz quanto à destinação final do resíduo, mas ainda pela economia que proporcionará substituindo a brita e o rachão pelo agregado reciclado na melhoria de ruas não pavimentadas na obra para trânsito de veículos ou mesmo usando-o com menor granulometria em massas de concretos não estruturais. Há de ser considerado ainda outros benefícios da reciclagem de RCD, tais como o aumento da vida útil do aterro da Muribeca, a redução no consumo de recursos naturais na região, a redução do consumo de energia e a redução da poluição decorrentes do processo de produção mineral, assim como o pleno atendimento à Resolução CONAMA N° 307/2002.

Para a utilização dos agregados reciclados obtidos, deve-se dar continuidade nos estudos expostos neste trabalho, com a finalidade de aprofundar a pesquisa sobre as características técnicas de interesse para a aplicação desejada, principalmente o comportamento estrutural e o desempenho em relação ao agregado convencional.

REFERÊNCIAS

KARPINSK, L. A. et al., **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental**. Edipucrs. Porto Alegre, 2009. Disponível em <<http://www.sinduscondf.org.br/portal/arquivos/GestaodeResiduosPUCRS.pdf>>. Acesso em 10/09/2018.

MORAIS, G. M. D. **Diagnostico da deposição clandestina de resíduos da construção e demolição em bairros periféricos de Uberlândia: subsidio para uma gestão sustentável**. 2006. 201f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia; 2006.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999. Disponível em <www.ecoambientalmt.com/resources/Acervo/Acadêmico/TESE_TARCISIO.pdf>. Acesso em 15 de setembro de 2017.

PINTO, T. P.; LIMA, J. A. R. **Industrialização de componentes a partir de definição de uma política de reciclagem de resíduos da construção urbana**. In: Simpósio Íbero-Americano sobre Técnicas Construtivas Industrializadas para Habitação de Interesse Social, São Paulo. 1993.

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 vislumbassem 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-egotamento-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.

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

Data de aceite: 06/01/2020

Aline Souza Sardinha

Engenheira sanitaria, Mestre em Geologia, Docente do curso de Engenharia Ambiental da Universidade do estado do Pará (UEPA).

Ana Paula Santana Pereira

Engenheira Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Engenheira de Segurança do Trabalho pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

Mayara Aires do Espirito Santo

Engenheira Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA).

Suziane Nascimento Santos

Engenheira Ambiental, Mestre em Geologia, Docente do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

Carlos José Capela Bispo

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Ciências Ambientais, Docente do curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Pará (UEPA).

Antônio Pereira Júnior

Licenciatura Plena em Ciência Biológicas, Mestre em Ciência ambientais, Docente do curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Pará (UEPA).

Vinicius Salvador Soares

Engenheiro Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA).

Jeferson Martins Leite

Engenheiro Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA).

Mateus do Carmo Rocha

Graduando em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Pará.

Hyago Elias Nascimento Souza

Engenheiro Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Mestre em Ciências Ambientais pela UFPA.

RESUMO: O manejo dos resíduos sólidos do processo de curtimento é um desafio das indústrias desse setor. Uma alternativa do reaproveitamento dos resíduos sólidos é a fabricação de composto orgânico. Neste trabalho analisou-se o procedimento da compostagem como reaproveitamento de resíduos sólidos provenientes do processamento de couro visando dispô-lo corretamente, sem agredir a saúde humana e o meio ambiente. Para tanto, realizou-se um diagnóstico em uma indústria no município de Marabá, Amazônia Oriental, com a coleta de dados realizada *in loco*, tendo como conteúdo informações da unidade industrial fornecidas pelos técnicos do empreendimento, observação do processo de produção, caracterização dos resíduos sólidos industriais, acondicionamento e destinação final. O reaproveitamento é realizado em cerca de 100% de resíduos da atividade de

curtimento. Constatou-se que o reaproveitamento ocorre fora das instalações da empresa, a 25 km de distância. Outra ocorrência de reaproveitamento é a adição do rúmen bovino da unidade de frigorífico da empresa ao processo de compostagem, e também a destinação do resíduo com concentração de Cr^{3+} à uma empresa recicladora especializada. Os resíduos produzidos na atividade de curtimento e reaproveitados são as cinzas da caldeira, lodo do caleiro, lodo primário, carnaça, e o rúmen bovino, estes dispostos em leiras localizadas na fazenda do próprio empreendimento para o processo da compostagem. No final do processo, obteve-se um composto orgânico de boa qualidade e, de acordo com as normas vigentes, podem ser utilizados na agricultura.

PALAVRAS-CHAVE: curtimento, meio ambiente, composto orgânico.

TANNERY SOLID WASTE: REHABILITATION FOR COMPOSTATION IN AN EASTERN AMAZON INDUSTRY

ABSTRACT: The management of solid waste from the tanning process is a challenge for industries in this sector. An alternative for the reuse of solid waste is the manufacture of organic compost. This work analyzed the composting procedure as reuse of solid waste from leather processing aiming to dispose it correctly, without harming human health and the environment. Therefore, a diagnosis was made in an industry in Marabá, Eastern Amazonia, with data collection carried out on site, having as content information of the industrial unit provided by the project technicians, observation of the production process, characterization of waste industrial solids, packaging and final disposal. Reuse is carried out in about 100% of residues from the tanning activity. It was found that the reuse occurs outside the company's premises, 25 km away. Another occurrence of reuse is the addition of the bovine rumen from the company's refrigerator unit to the composting process, as well as the disposal of waste with a Cr^{3+} concentration to a specialized recycling company. The residues produced in the tanning activity and reused are the boiler ashes, caleiro sludge, primary sludge, carnaça, and bovine rumen, all of which are disposed of on the farm's own land for composting. At the end of the process, a good quality organic compost was obtained and, according to current regulations, can be used in agriculture.

KEYWORDS: tanning, environment, organic compost.

1 | INTRODUÇÃO

De acordo com Goedcke et. al (2012) pode-se dividir as operações de processamento industrial do couro, a partir do couro cru (raw hide), em três estágios. As operações iniciais são chamadas beamhouse, compostas por: soaking, processo de curtimento, que consiste em promover a limpeza e hidratação do couro; liming, onde são adicionados cal e sulfetos, que elevam o pH e removem quimicamente os pelos; fleshing, que consiste em remover o tecido adiposo sob a pele, e o corte de

partes indesejáveis do couro; e splitting, processo de corte horizontal que o padroniza o couro em altura.

Após as operações beamhouse estão às operações tanning, compostas por: deliming – retirada da cal utilizada no processo liming; bating – remoção de proteínas pelo uso de enzimas; pickling – redução de pH pela utilização de ácidos; tanning – adição de sais de cromo trivalente (Cromo III); e basification – elevação de pH. Ao final deste estágio obtém-se uma commodity, o wet blue (Godecke et al, 2012).

Os resíduos gerados no processo produtivo são: cinzas da caldeira, aparas salgadas, aparas de peles caleadas, carnaça, lodo do caleiro, resíduo orgânico de processo (sebo, soro, ossos, sangue, outros da indústria alimentícia, entre outros) bem como o lodo de estações de tratamento de efluentes de curtimento ao cromo.

A gestão dos resíduos sólidos para seu volume e composição tornam-se um grande desafio para a indústria de curtume. Este estudo foi realizado em uma indústria curtidora instalada há mais 16 anos na cidade de Marabá, Estado do Pará, na Amazônia Oriental. O empreendimento contabilizava 140 funcionários e processava diariamente 1.700 peças de couros, tornando-se conseqüentemente uma grande geradora de resíduos sólidos.

2 | MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Localização da área de estudo

A indústria localiza-se no bairro Distrito Industrial na PA 150 no município de Marabá. Enquanto que a localização da área utilizada para o processo de compostagem situa-se a 25 Km da empresa na PA 150, Km 8, bairro Zona Rural, Gleba Sororó, denominada Fazenda Jaqueira. A área total da propriedade rural é de 195,7808 ha, estando entre as coordenadas geográficas: 5°27'04,59"S e 49°11'12,75"O (Figura 1).

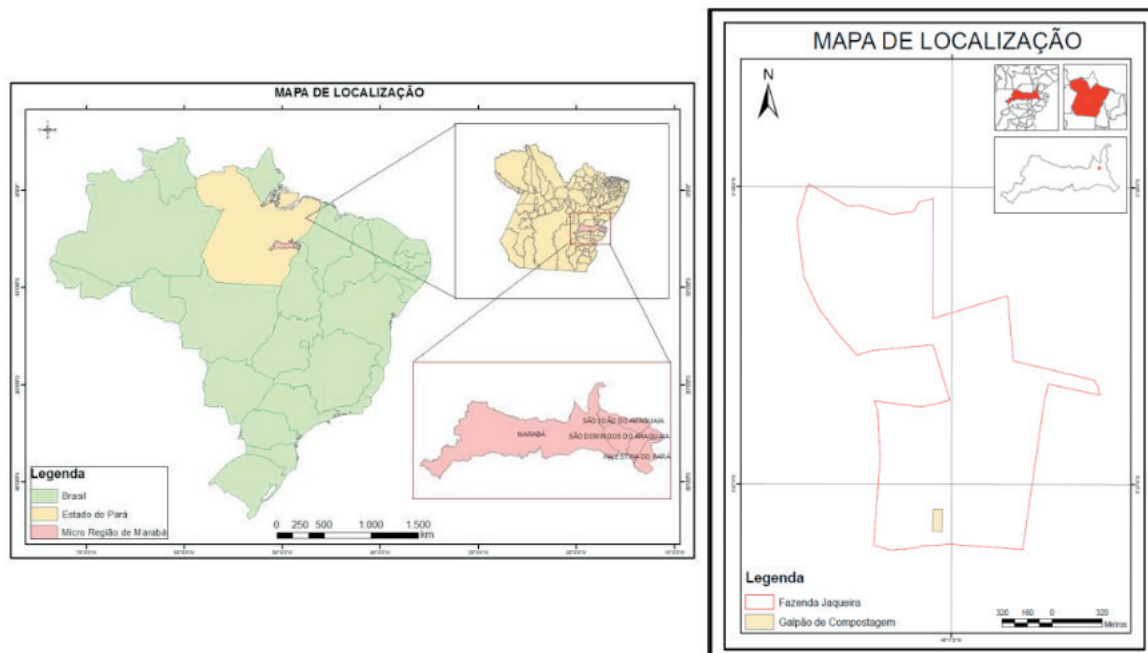


Figura 1. Mapa de localização do município de Marabá e Planta do pátio de compostagem, delimitação dos pontos.

2.2 Método de Análise Laboratorial

Composto orgânico: nas amostras das leira os parâmetros químicos e biológicos foram realizados no Instituto Campineiro de Análise de Solo e Adubo LTDA, Campinas - SP, e comparados com os parâmetros exigidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), conforme Instruções Normativas correspondente.

Os parâmetros biológicos foram Coliformes Termotolerantes e Salmonela sp. conforme metodologia do Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater; e ovos viáveis de helmintos segunda a U.S. EPA 1992.

As análises químicas foram: pH, densidade, umidade perdida, matéria orgânica total, carbono orgânico, nitrogênio total (N tot.), nitrato (NO_3), nitrito (NO_2), amônia (NH_4), fluoretos (F^-), cloretos (Cl^-), cianetos (CN^-), fenóis ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), relação C/N (carbono orgânico/nitrogênio total), proteína, cobalto (Co), molibdênio (Mo), umidade a 65°C e a 110°C , matéria orgânica, cinzas, cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn), ferro (Fe), boro (B), arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), mercúrio (Hg), sódio (Na), níquel (Ni), selênio (Se), cromo total (Cr tot.), cromo hexavalente (Cr^{+6}), cromo trivalente (Cr^{+3}), seguindo o método U.S.EPA, SW – 3051, determinados por ICP – AES e metodologia SMAWW, 3500-Cr B. Colorimetric Method.

Análise do lodo: proveniente do tratamento primário das águas residuárias utilizaram a metodologia U.S.EPA, SW-3051, determinação por ICP – AES fornecidas pela empresa curtidora. Os parâmetros: As, Cd, Pb, P, Hg, Ni, K, Se e Na. Após a

secagem deste resíduo em uma centrífuga, o mesmo foi acondicionado em recipientes apropriados e pesados (Kg) para seguir o seu transporte à Fazenda onde realiza o processo de compostagem, a fim de incluí-lo às leiras.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Quantidade e caracterização dos resíduos sólidos industriais gerados

A Tabela 1 apresenta os tipos de resíduos sólidos do processo industrial de curtimento e sua quantidade mensal (ton./mês).

Resíduos do processo industrial	
Tipos	Quantidade (ton./mês)
Carnaça da autoclave	12
Carnaça do caleiro	80
Lodo do caleiro	140
Lodo primário	240
Cinza da caldeira	2,5
Resíduo classe I (raspas couro cromado e sacarias)	20
Rumem bovino	180
Total	674,5

Tabela 1. Caracterização e quantificação mensal dos resíduos sólidos do curtume.

Observou-se que a quantidade de resíduos gerados é 100% reaproveitada, a qual equivale a 494,05 ton/mês, ainda acrescentando 180 ton/mês do rumem bovino do frigorífico da empresa totalizando, desta forma, em 674,50 toneladas mensais de resíduos oriundos da fabricação de 44.200 toneladas de couro wet-blue mensais. O Reaproveitamento é de 95,3% no processo de compostagem e 4,7% reutilizados na fabricação de sabão, os resíduos classificados como classe I subtrai-se dos 4,7% são destinados ao co-processamento de cimentos à empresa Ecoblend – GO e reciclagem pela empresa Oliveira.

Os resíduos sólidos industriais foram classificados com base na Resolução CONAMA 313/2002 que dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais, referente aos resíduos de classe II ou classe III constantes nas Tabelas 2 e 3 sobre os resíduos de classe I na indústria de curtume.

Código do Resíduo	Descrição do Resíduo
	Classe II ou Classe III
A002	Resíduos gerados fora do processo industrial (escritório, embalagens, etc.)
A111	Cinzas de caldeira
A199	Aparas salgadas
A299	Aparas de peles caleadas
A499	Carnaça
A599	Resíduos orgânico de processo (sebo, soro, ossos, sangue, etc)
A899	Lodo do caleiro

Tabela 2. Classificação dos resíduos da indústria de curtume.

Fonte: BRASIL (2002).

Código do Produto	Classe I
K195	Lodo de estações de tratamento de efluentes de curtimento ao cromo

Tabela 3. Classificação dos resíduos sólidos de classe I na indústria de curtume.

Fonte: BRASIL (2002).

3.2 Qualidade do composto

Parâmetros Químicos

O produto obtido após cerca de 120 dias de compostagem, em geral, apresentaram um aspecto escuro e odor típico de material decomposto (figura 2). Entretanto, devido à grande quantidade ainda de material grosseiro como pregos e pedras devido às cinzas da caldeira, concluiu-se que a etapa de peneiramento está sendo incompleta e que os materiais grosseiros que não farão parte da compostagem não estão sendo removidos quando os resíduos são misturados para decomposição. Destaca-se, que a mistura de resíduos com características diferenciadas favorece a compostagem gerando um equilíbrio da umidade, dos nutrientes, da relação C/N e favorece estruturação física da leira de compostagem.



Figura 2. Composto Orgânico.

A empresa procura atender os padrões exigidos pelo MAPA/SDA através de análises laboratoriais, portanto, após o preparo do composto orgânico desenvolvido no processo de compostagem, as amostras foram submetidas à etapa de análises, cujos parâmetros avaliados, são comparados com as exigências normativas, e com os valores estabelecidos para o composto no Brasil através das Instruções Normativas (IN) 25/2009 e 27/2006 do MAPA/DAS, encontram-se na Tabela 4.

Determinações	Leira 2	Exigência MAPA (IN 25 e IN 27)
pH	7,34	(mín.) 6,0
Densidade (g/m ³)	0,84	Conforme declarado ¹
Umidade perdida entre 60-65°C (%)	40,48	(máx.) 50
Umidade perdida entre 60-110°C (%)	42,95	conforme declarado
Matéria orgânica total (combustão)%	18,31	conforme declarado
Carbono orgânico (%)	11,43	(mín.) 15
Nitrogênio total (N) (%)	0,91	(mín.) 0,5
Fósforo (P ₂ O ₅) total (%)	0,91	conforme declarado
Potássio (K ₂ O) total (%)	0,12	conforme declarado
Cálcio (Ca) total (%)	8,53	(mín.) 1,0
Magnésio (Mg) total (%)	0,18	(mín.) 1,0
Enxofre (S) total (%)	2,16	(mín.) 1,0
Relação C/N (C orgânico e N total) (%)	7,34	(máx.) 20
Cobre (Cu) total (%)	0,001	(mín.) 0,05
Manganês (Mn) total (%)	0,016	(mín.) 0,05
Zinco (Zn) total (%)	0,025	(mín.) 1,0
Ferro (Fe) total (%)	2,75	(mín.) 0,2
Boro (B) total (%)	0,028	(mín.) 0,03
Arsênio (Ar) (mg/kg)	<0,1	20
Cádmio (Cd) (mg/kg)	<0,1	3
Chumbo (Pb) (mg/kg)	<0,2	150
Mercúrio (Hg) (mg/kg)	<0,2	1
Níquel (Ni) (mg/kg)	2,4	70
Selênio (Se) (mg/kg)	50,4	80
Cromo total (Cr) (mg/kg)	143,37	200

Tabela 4. Qualidade do composto orgânico e comparação com as IN 25/2009 e IN 27/2006.

¹É obrigatória a declaração no processo de registro de produto.

O teor de Ni e Ca no composto orgânico na leira 2 foi superior aos estabelecidos pelas IN. Os teores de P e K estão de acordo com as exigências do MAPA (Tabela 4) sendo necessária a declaração conforme declarada do processo quanto ao registro

do produto. Nota-se ainda, que os valores de N e P mostraram-se superiores ao teor de K.

Quanto aos micronutrientes constatou-se que os compostos orgânicos não diferiram significativamente entre si quanto aos teores de B, Cu e Mn; já o teor de Fe foi mais elevado em comparação àqueles, isso deve-se ao fato de que como as leiras estão expostas no solo sem proteção este teor pode ter crescido do mesmo, segundo a Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (2010). Porém estão de acordo com as exigências estabelecidas pelo MAPA/SDA.

O composto orgânico apresentou valores de pH favoráveis à norma estabelecida, a qual exige valor de no mínimo 6,0.

A relação C/N apresentou-se de acordo com os padrões das Instruções Normativas, com exceção da concentração de carbono orgânico apresentando um valor inferior aos limites estabelecidos no anexo V da Instrução Normativa N° 27 (MAPA/SDA). A baixa relação C/N pode ter sido influenciada pela condução da compostagem, já que a origem, bem como o tipo de material utilizado na confecção das leiras foi o mesmo, diferindo apenas no fato de não serem cobertas. A incidência de chuvas durante período estudado, tenha proporcionado na lixiviação de nutrientes, diminuindo assim a sua concentração em alguns parâmetros no produto final.

Para a umidade, a literatura cita o ideal inicial em torno de 60% e decresce lentamente até chegar a 30%. O valor da umidade na Tabela 4 mostra a umidade variando em torno de 40 a 43%, permitindo uma umidade ideal para a eficiência da compostagem e, ainda, admitindo os valores exigidos pelas Instruções Normativas do MAPA/SDA.

Os teores de metais Ar, Cd, Cr, Pb, Hg, Ni, Se na sua presença no composto estão relacionados à compostagem da fração orgânica proveniente dos resíduos contaminados por esses elementos durante a atividade e vai depender de fatores como o pré-tratamento da matéria-prima, grau de industrialização da empresa no município, época do ano, técnica de amostragem, procedimento de análise, processo de compostagem, eficiência de controle do processo e grau de maturação do composto produzido.

Ao comparar os teores de metais pesados com a IN 27/2006 do MAPA, estes estão de acordo com os requisitos estabelecidos pela norma.

Parâmetro de maior relevância: Cromo

Especificamente no que se refere ao Cr a IN utilizada para comparação é a 46/2011 pois trata de uma melhor descrição da quantidade deste metal pesado. O teor de Cr total e hexavalente, estão descritos na Tabela 5.

Parâmetro	Resultado (mg/Kg ⁻¹)	Limite Máximo (mg/Kg)
Cr Total	143,79	70
Cr Hexavalente (Cr ⁺⁶)	0,20	0,0

Tabela 5. Resultado analítico do Cromo no composto orgânico comparado ao limite máximo da IN 46/2011.

De acordo com a IN 46/2011, os teores de Cr estão em desacordo com os valores estabelecidos pela norma vigente. Visto, que os problemas advindos do Cr a partir da utilização do composto em plantas, poderá causar prejuízos nas mesmas como alteração no crescimento e nas funções enzimáticas, clorose nas folhas, danificação nas células radiculares e causa alterações nas estruturas ultraestruturas da membrana celular e cloroplastos (MARTINS, 2009).

Para Silva e Araújo (2011), as consequências expostas acima, poderão apresentar situações variáveis e isso dependerá da espécie da planta a ser cultivada e da dose de Cr que será injetada no solo para o cultivo das mesmas.

Parâmetros Físicos

Foram analisados temperatura, umidade e pH do composto durante o processo de desenvolvimento da compostagem. São importantes indicadores da eficiência do processo, estando diretamente relacionados com a atividade metabólica dos microorganismos.

Utilizou-se um termômetro digital para medição da temperatura da leira inicialmente com valor de 70°C, o que esteriliza o material, eliminando vetores de doenças e neutralizando as sementes de ervas invasoras (Figura 3). No final do processo, a temperatura, atingindo a ambiente, ocorrendo, assim, a fase de estabilização do composto, apresentando-se quebradiço e livre de moscas e odores desagradáveis, de acordo com o que se espera com o composto orgânico estabilizado (Pereira Neto, 1989).

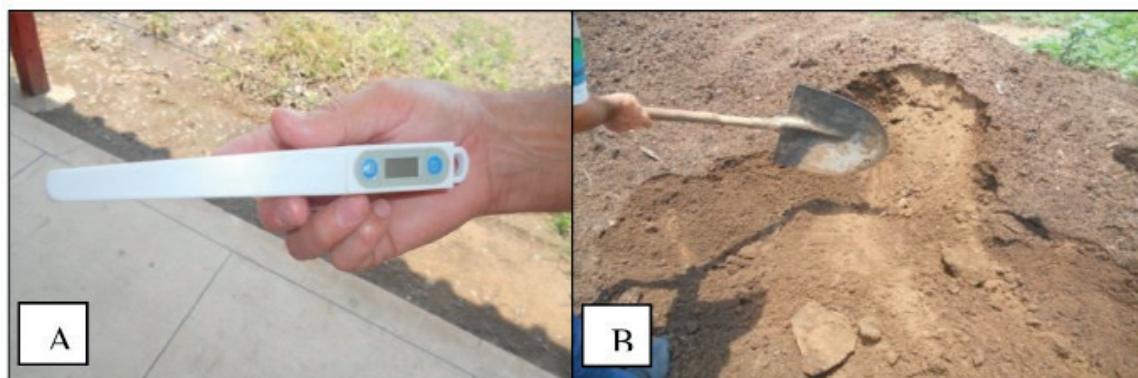


Figura 3. Termômetro digital (A); Composto orgânico pronto para utilização (B).

Parâmetros microbiológicos

No que se refere aos parâmetros microbiológicos, os resultados estão expostos na Tabela 6, bem como com a comparação dos mesmos com a IN 27/2006.

Parâmetro	Unidade	Resultado	V.M.P. ¹
Coliformes Termotolerantes	NMP ² /g de MS	0,36	1000,00
<i>Salmonella sp</i>	P – A ³ /10g	Ausente	Ausência em 10g de MS ⁵
Ovos viáveis de helmintos.	Ovos/4g de ST ⁴	Ausente	1,00 em 4g de ST

Tabela 6. Resultados microbiológicos e limites máximos de contaminantes admitidos em compostos orgânicos segundo IN 27/2006.

¹V. M. P. = Valor máximo Admitido. ²N. M. P. = Número Mais Provável. ³P – A = Presença – Ausência. ⁴S. T. = Sólidos Totais. ⁵M. S. = Matéria Seca.

Os resultados encontrados para coliformes termotolerantes, *Salmonella sp.* e ovos de helmintos demonstram que a compostagem ocorreu de maneira esperada a partir de comparação com os parâmetros da IN nº 27 do MAPA.

Na tabela 6 verifica-se ainda a ausência de microorganismos patogênicos no composto final, sendo um resultado extremamente importante, visto vez, que o composto estabilizado será utilizado em aplicações às quais as pessoas vão estar diretamente expostas, como exemplo, o plantio direto. O controle desses microorganismos pode ser facilmente alcançado, quando o processo é eficiente e controlado. De acordo com Pereira Neto (1989) a maior parte dos microorganismos patogênicos é destruída às temperaturas e tempos de exposição utilizados nas operações de compostagem.

Qualidade do lodo para a compostagem

O lodo é um componente relevante em se tratando da concentração de metais pesados nesse material. Com isso, a quantificação da presença desses parâmetros (Tabela 7) torna-se essencial.

Parâmetro	Resultado (mg/Kg)	Limite Máximo (mg/Kg ⁻¹)
Arsênio	0,00	20
Cádmio	<0,1	0,7
Chumbo	<0,2	45
Mercúrio	<0,2	0,4
Níquel	2,40	25
Selênio	50,4	80

Tabela 7. Resultado de teores totais de metais pesados do lodo primário.

De acordo com a IN nº 27/2006, os parâmetros observados na Tabela 7, no que

diz respeito aos metais pesados, encontram-se nos limites dos valores estabelecidos pela norma em questão.

Tratando-se do Ar, considerado uma substância inorgânica bastante perigosa à saúde humana e observou-se que este não foi encontrado nas análises do lodo (ANDRADE, 2011).

Já o Pb apresentou significativo valor abaixo dos limites da norma vigente, sendo importante ressaltar a importância dessa quantificação, pois de acordo com Andrade (2011), o Pb é um dos maiores poluentes do meio ambiente e, também, muito tóxico ao homem.

O teor de Cd apresentou-se nos limites estabelecidos da IN nº 27/2006. Andrade (2011) frisa que este elemento não é essencial às plantas, porém é eficientemente absorvido tanto pelas raízes quanto pelas partes aéreas da planta.

4 | CONCLUSÃO

Foi observado que 100% do quantitativo referente as 674,5 toneladas de resíduos sólidos geradas por mês na indústria analisada são reaproveitados, dos quais 95,3% são utilizados para a compostagem e 4,7% para co-processamento de cimentos e fabricação de sabão.

De maneira geral os compostos produzidos apresentaram boa qualidade quando comparados com os parâmetros estabelecidos pelas IN 25/2009 e 27/2006 ao MAPA para um composto orgânico a ser aplicado na agricultura, exceção foi verificada nos resultados cromo total e hexavalente pois estão em desacordo com estabelecido pela IN 46/2011.

A análise do lodo demonstrou que todos os parâmetros analisados estão em conformidade a IN nº 27/2006 do Ministério da Agricultura e Abastecimento.

Ao final do período de aproximadamente 5 meses de maturação, o composto orgânico adquiriu características fundamentais a um composto de qualidade a partir da observação dos resultados obtidos das análises laboratoriais e comparadas às normas exigidas.

Por fim verificou-se que a compostagem a partir dos resíduos da indústria de curtume foi uma opção viável a nível ambiental e social, porém se recomenda a continuação dos estudos a fim de avaliar tanto a qualidade do composto como sua influência do uso deste no solo e nas possíveis culturas adubadas com o mesmo, especialmente em função dos resultados obtidos do cromo total e cromo hexavalente.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Maurício Gomes de. **Elementos-traço As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se e Zn em latossolos e plantas de milho após treze aplicações anuais de lodo de esgoto**. 2011. 105 f. Tese

(Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.

BRASIL. **Instrução Normativa SDA Nº 25, de 23 de JULHO de 2009.** Aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura, na forma dos Anexos à presente Instrução Normativa. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-25-de-23-7-2009-fertilizantes-organicos.pdf/view>>. Acesso em 15/04/19.

BRASIL. **Instrução Normativa SDA Nº 27, de 05 de Junho De 2006 (Alterada pela IN SDA no 7, de 12/04/2016, republicada em 02/05/2016).** Estabelece acerca dos fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes, para serem produzidos, importados ou comercializados, deverão atender aos limites estabelecidos nos Anexos I, II, III, IV e V desta Instrução Normativa no que se refere às concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-sda-27-de-05-06-2006-alterada-pela-in-sda-07-de-12-4-16-republicada-em-2-5-16.pdf>> Acesso em 15/04/2019.

BRASIL. **Instrução Normativa SDA Nº 46, de 06 de outubro de 2011.** Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção, bem como as listas de substâncias e práticas permitidas para uso nos Sistemas Orgânicos de Produção, na forma desta Instrução Normativa e de seus Anexos I a VIII. (Redação dada pela Instrução Normativa 17/2014/MAPA). Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/produtos-fitossanitarios/IN46.2011alterada-pelaIN17.2014epelaIN35.2017.pdf>> Acesso em 14/04/2019.

CONAMA. **Resolução CONAMA no 313, de 29 de outubro de 2002**

Publicada no DOU nº 226, de 22 de novembro de 2002, Seção 1, p. 85-91. Dispõe sobre o inventário nacional de resíduos sólidos industriais.

GODECKE et al. **Resíduos de curtumes: estudo das tendências de pesquisa.** Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (e-ISSN: 2236-1170) v.7, n. 7, p. 1357-1378, 2012.

MARTINS, Vanessa. **Eficiência agrônômica de hidrolisado de couro e resíduo de recurtimento.** 2009. 127 f. Dissertação (Mestre em Ciências do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

PEREIRA NETO, João Tinôco. **Conceitos modernos de compostagem.** Engenharia Sanitária, Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, abr/jun 1989.

PEREIRA NETO, João Tinôco. **Manual de compostagem – Processo de baixo custo.** Belo Horizonte: UNICEF, 56p, 1996.

SILVA, Daniele Mozzini; ARAÚJO, Fabio Fernando de. **Uso de lodo de curtume na composição de substratos para produção de mudas de reflorestamento.** Colloquium Agrariae (UNOESTE), v. 7, n. especial, 2011. p. 189-197.

TECNOLOGIAS PARA O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Data de aceite: 06/01/2020

Sara Rachel Orsi Moretto

Universidade Tecnológica Federal do Paraná–
UTFPR
Curitiba - PR

João Carlos Fernandes

Consórcio Intermunicipal para Gestão
de Resíduos Sólidos Urbanos da Região
Metropolitana de Curitiba
Curitiba – PR

RESUMO: O objetivo deste estudo foi levantar as principais tecnologias disponíveis, que buscam minimizar a disposição de resíduos, bem como obter receitas através da recuperação energética destes resíduos e seus coprodutos. Desta forma, foi realizada uma descrição das tecnologias de incineração, combustível derivado do resíduo (CDR), pirólise, gaseificação e digestão anaeróbia, comumente chamadas tecnologias Waste to Energy (WtE). Pode-se constatar que a energia recuperada nestes processos ocorre frequentemente nas formas térmica, elétrica, térmica e elétrica, ou biocombustível. A recuperação de matéria prima pode ocorrer através da clinkerização, que permite a incorporação das cinzas e dos metais existentes no resíduo, e através do lodo gerado nos reatores no processo de digestão anaeróbia,

que pode ser utilizado como biofertilizante. Embora estas tecnologias tragam uma série de vantagens, a operação destas plantas deve estar de acordo com as legislações ambientais vigentes, pois todas possuem, em maior ou menor grau, um potencial poluidor. Constatou-se também a importância da reciclagem, uma vez que esta contribui para reduzir a demanda de fontes naturais de matéria-prima, e também a demanda de energia. Tecnologias WtE não devem competir com a redução de resíduos, com a reutilização e reciclagem de materiais. Devem ser entendidas como tecnologias complementares para o tratamento das frações residuais não recicláveis de resíduos sólidos urbanos (RSU).

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos urbanos; recuperação energética, waste to energy

TECHNOLOGIES FOR THE ENERGY RECOVERY OF MUNICIPAL SOLID WASTE

ABSTRACT: The objective of this study was to survey the main available technologies, which seek to minimize waste disposal, as well as obtain revenues through the energy recovery of these wastes and their co-products. Thus, a description of incineration, waste - derived fuel (CDR), pyrolysis, gasification and anaerobic digestion technologies, commonly called Waste

to Energy (WtE) technologies, was performed. It can be seen that the energy recovered in these processes often occurs in thermal, electrical, thermal and electrical forms, or biofuel. The recovery of raw material can occur through clinkerization, which allows the incorporation of ash and waste metals, and through the sludge generated in reactors in the process of anaerobic digestion, which can be used as biofertilizer. Although these technologies have a number of advantages, the operation of these plants must be in accordance with current environmental legislation, as all have a greater or lesser potential for pollution. The importance of recycling was also noted, since it contributes to reducing the demand for raw materials and energy. WtE technologies should not compete with waste reduction, reuse and recycling of materials. They should be understood as complementary technologies for the treatment of non-recyclable waste fractions from municipal solid waste (MSW).

KEYWORDS: Municipal solid waste; energy recovery; waste to energy

1 | INTRODUÇÃO

O Art. 9º da lei 12305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, define a ordem de prioridade na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos como “não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”. Em seu parágrafo primeiro define que “Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental”. A Lei estabelece uma diferenciação entre resíduo e rejeito num claro estímulo ao reaproveitamento e reciclagem dos materiais. A disposição final é admitida apenas para os rejeitos.

O encerramento dos lixões, previsto para agosto de 2014 (Art. 54º da lei 12305/2010), ainda não aconteceu em boa parte dos municípios brasileiros. Os prefeitos têm trabalhado pela aprovação do projeto de Lei 2289/15, que prorroga para 2021 o prazo para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Implantar soluções adequadas e economicamente viáveis, não depende apenas de lei, depende de condições efetivas para a sua implantação. Os gestores municipais informam que não tem condições de realizar esta adequação sem o apoio de outras esferas de governo, especialmente pela falta de recursos.

Constata-se atualmente que os serviços de coleta tem ampla cobertura, carecendo de eficiência, e que a disposição evolui para uma solução tecnológica de aterro sanitário, dominada pelo mercado local, com custos e riscos de investimentos mais baixos. O mercado brasileiro ainda não percebeu ou ainda não confia na capacidade de geração de receitas, através do aproveitamento dos resíduos, que possibilitem investimentos de maior custo e de maior retorno. Diversos organismos

vêm estudando o mercado local, com objetivo de verificar a viabilidade de tecnologias de aproveitamento dos RSU.

Segundo EPE (2014), a partir da criação das leis federais que instituem a Política Nacional de Saneamento Básico (lei 11445/2007), a Política Nacional sobre Mudança do Clima (lei 12187/2009) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (lei 12305/2010), os municípios, estados e união passam a ter prazo para a universalização do serviço de saneamento, e passam a ter restrições quanto ao tipo de destinação dos resíduos e às emissões de gases efeito estufa, decorrentes do tipo de destinação adotada. Conforme EPE (2014), a construção de novos aterros, solução tradicional à substituição dos lixões em fase de encerramento, transfere o problema para alguns anos à frente, sem efetivamente enfrentá-lo. Esta situação tem motivado a discussão sobre a aplicação de tecnologias que reduzam a quantidade de lixo a ser disposto e ainda permitam benefícios adicionais, como a obtenção de receitas pela comercialização de produtos gerados, como energia elétrica, térmica, biocombustíveis, adubos naturais ou cinzas para a construção civil.

Conforme Mariane e Sousa (2017), o crescimento constante do biogás no Brasil resulta de uma série de políticas e iniciativas ligadas direta ou indiretamente ao setor, como a seguir:

- * Política Nacional de Resíduos Sólidos (lei 12305/2010).

- * Resolução Normativa 687/2015, que modifica a Resolução Normativa 482/2012 pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL: estabelece os critérios gerais para o acesso a micro e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, e compensação de energia elétrica.

- * Resolução 8/2015 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP: aplica-se ao biometano, oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais, destinado ao uso veicular (GNV) e às instalações residenciais e comerciais.

- * Leilão A-5 ANEEL (abril/2016): pela primeira vez um projeto de biogás venceu um leilão de geração de energia, Leilão A-5. (Raízen, 20,8 MW, R\$251/MWh, efluentes da indústria da cana de açúcar).

- * Lei 13576/2017 ou Renovabio - Política Nacional de Biocombustíveis: Programa do Ministério de Minas e Energia - MME. Lançado para expandir a produção de biocombustíveis no Brasil. O biometano é um dos combustíveis a ser fomentado.

- * Resolução 685/2017 ANP: estabelece regras de controle da qualidade e as especificações do biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto, destinado ao uso veicular e às instalações residenciais, industriais e comerciais.

Mais recentemente, ocorreu a Resolução SMA 38/2017 da Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo, que estabelece diretrizes e condições para

o licenciamento e a operação da atividade de recuperação de energia proveniente do uso de Combustível Derivado de Resíduos Sólidos Urbanos – CDRU em Fornos de Produção de Clínquer. Ainda não há normatização dos padrões de CDR em nível federal.

Destacam-se também algumas ações da iniciativa privada, sociedade civil e organizações de pesquisa, desenvolvimento e inovação, como abaixo (MARIANE; SOUSA, 2017):

- * Associação Brasileira do Biogás e Biometano - Abiogás. Fundada em 2013, compreende companhias e instituições públicas e privadas que operam em diferentes segmentos da cadeia de biogás.

- * CIBiogás – ER. Estabelecido em 2013, é uma instituição de pesquisa, desenvolvimento e inovação, com o objetivo de transformar os conhecimentos em biogás em produtos, através do desenvolvimento de novos empreendimentos e implementações na matriz energética brasileira.

- * PROBIOGAS – Projeto Brasil Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil. O Ministério das Cidades implementou iniciativas com o governo alemão, através da GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit), para a aplicação da energia do biogás no Brasil. Em 2016 este projeto realizou a publicação de diversos estudos, divididos em quatro séries, cada uma agrupando um conjunto de publicações, que contribuem para uma determinada área do conhecimento e/ou de atuação no tema.

Conforme PROBIOGAS (2017), o atendimento às diretrizes e metas da Política Nacional de Resíduos Sólidos, que supõe a modernização do sistema de gestão e tratamento de resíduos, possui claros desafios. O aterro sanitário representa o *status quo* do manejo de RSU em grande parte do mundo, inclusive no Brasil, onde começam a ser implantadas as primeiras instalações modernas para a separação de materiais com valor agregado e passíveis de aproveitamento. Assim, o intuito principal, para o desenvolvimento de empreendimentos de valorização do RSU, está associado a uma visão de negócio, uma vez que, além da minimização dos resíduos aterrados, resultando no aumento da longevidade dos aterros sanitários, e da recuperação de frações dos resíduos, há expectativa de receitas para atingir a viabilidade econômica e ampliar sua atratividade.

O presente trabalho visa levantar as tecnologias disponíveis, que buscam minimizar a disposição de resíduos, bem como obter receitas através da recuperação energética destes resíduos e seus coprodutos.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada através de pesquisa bibliográfica (LACERDA; ENSSLIN

L; ENSSLIN S. R, 2012; WEBSTER; WATSON, 2002) e pesquisa documental/institucional.

3 | RESULTADOS OBTIDOS

3.1 A Situação dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil

Segundo ABRELPE (2017), em 2017, a geração de RSU no Brasil foi de 78,4 milhões de toneladas, evidenciando um aumento de cerca de 1% em relação ao ano de 2016, mesmo avanço observado no produto Interno Bruto do país. Neste mesmo período, a geração de RSU per capita, 1,035 kg/hab dia, teve um aumento de 0,48%, ao passo que o PIB per capita variou positivamente em 0,2%. A quantidade de RSU coletados em 2017, 71,6 milhões de toneladas, teve um aumento de 1,25% com relação ao ano anterior, resultando num índice de cobertura de coleta de 91,2%, para o país. Os 6,9 milhões de toneladas não coletados tiveram destinação imprópria.

Quanto à disposição final dos RSU coletados, não há avanços com relação aos cenários de 2016, uma vez que 59,1% dos resíduos coletados, cerca de 42,3 milhões de toneladas de RSU, foram dispostos em aterros sanitários, e o restante, 40,9% (cerca de 29 milhões de toneladas), foi despejado em locais inadequados, ou seja, lixões ou aterros controlados, que não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessárias para proteção do meio ambiente contra danos e degradações, com danos diretos à saúde de milhões de pessoas. Esta disposição inadequada ocorreu em 3352 municípios, ou seja, cerca de 60% dos municípios brasileiros (ABRELPE, 2017).

No que diz respeito à coleta seletiva, a pesquisa direta realizada pela ABRELPE estima que 3923 municípios (70,4% dos municípios) apresentam “alguma iniciativa” de coleta seletiva, porém, ressalta que em muitos municípios as atividades não abrangem a totalidade de sua área urbana (ABRELPE, 2017).

Conforme o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS – RS), estima-se que em 2016 foram destinados às unidades de triagem (usinas e galpões de catadores do setor público ou que detém alguma parceria com este)1,8 milhões de toneladas de resíduos, e às unidades de compostagem 173.420 toneladas, correspondendo respectivamente a 3,1% e a 0,3% da quantidade total potencialmente coletada (58,9 milhões de toneladas, segundo este órgão), de resíduos domiciliares e públicos. Deve-se salientar que estas quantidades podem estar subestimadas, uma vez que o percentual de resíduos, cuja destinação apresenta-se como “sem informação”, conforme este órgão, corresponde a 17,7% da quantidade total potencialmente coletada. Além disso, a maior parte do que é encaminhado às usinas e, principalmente, aos galpões de triagem de catadores, não é pesada, sobretudo por falta de equipamento adequado (balança rodoviária). Nesta avaliação, não se

distingue a procedência dos resíduos, ou seja, se os mesmos são oriundos de uma coleta convencional (lixo misturado) ou se oriundos de uma coleta seletiva (BRASIL, 2016).

Para o SNIS – RS, a quantidade total recuperada de recicláveis secos no País, em 2016, foi estimada em 0,95 milhão de toneladas, o que corresponde a 1,62% do total de 58,9 milhões de toneladas de resíduos domiciliares e públicos, potencialmente coletados neste ano. Estes resultados são baseados apenas em dados dos serviços prestados pelo setor público ou das associações de catadores, que detêm alguma parceria com a prefeitura. Não são computados números relativos às entidades privadas do setor (empresas, autônomos, sucateiros, etc.), que promovem a recuperação de recicláveis de forma independente, sem a interferência do setor público. Quando se admite que a fração de “materiais recicláveis secos” presente no conjunto de resíduos domésticos e públicos seja estimada em 30% (exceto matéria orgânica), o montante de 0,95 milhão de toneladas significa aproximadamente 5,4% do total potencialmente recuperável de recicláveis secos (papel, plástico, metal e vidro). Tal resultado demonstra um estágio bastante primário da reciclagem de “secos” no Brasil (BRASIL, 2016).

Conforme estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos coletados no Brasil, 51,4% correspondem aos resíduos orgânicos, 31,9% correspondem aos resíduos recicláveis (plástico, papel – papelão – tetrapak, metais, vidro) e 16,7% a outros tipos de resíduos (IPEA, 2012).

Com o objetivo de viabilizar a recuperação dos recursos contidos nos materiais descartados e reduzir o envio de resíduos para disposição no solo, a Política Nacional de Resíduos Sólidos obriga a estruturação de sistemas de logística reversa para diversos setores, que vem sendo construídos em conjunto por fabricantes, importadores, comerciantes e distribuidores. Informações de alguns sistemas já estruturados e que possuem dados publicados (embalagens de agrotóxicos e de óleos lubrificantes, pneus e embalagens em geral) demonstram que não houve avanço nas quantidades e índices de recuperação de materiais, que permaneceram estagnados ou apresentaram queda na comparação com o ano anterior, exceto no tocante à recuperação de embalagens, em geral de papel e papelão, cujo índice de recuperação apresentou crescimento de 3%. Esse cenário evidencia que mesmo diante das disposições legais e orientações para que se priorizem ações de reaproveitamento e reciclagem, e a despeito das várias campanhas e movimentos para que materiais recicláveis e reutilizáveis sejam separados na fonte e encaminhados para processos destinados ao seu aproveitamento, os resíduos descartados no país seguem, quase que na totalidade, para unidades de disposição final. Em grande parte isso também é decorrente da falta de conhecimento e engajamento dos cidadãos nesse processo, já que uma participação ativa é de fundamental importância para o sucesso das

ações nesse sentido. No entanto, essa realidade ainda parece estar distante, pois conforme os resultados de pesquisa de percepção do cidadão, a respeito de resíduos e reciclagem (IBOPE Inteligência, 2018), 75% dos brasileiros revelaram não separar seus resíduos em casa e menos da metade da população diz saber que alumínio, papel e PET são materiais recicláveis (ABRELPE, 2017).

3.2 Tecnologias Waste to Energy

Waste to Energy (WtE) são processos de recuperação de energia dos materiais contidos no lixo, na forma de calor, eletricidade ou combustível, provenientes do processamento do lixo. Atualmente, as tecnologias WtE são consideradas as opções mais adequadas para resolver os problemas relacionados ao lixo. Dentre os diversos processos disponíveis de conversão do lixo, as tecnologias mais frequentemente utilizadas são: (i) conversão térmica (incineração, pirólise, gaseificação, produção de energia através de combustível derivado de resíduo – CDR), (ii) conversão biológica (digestão anaeróbia), e (iii) aterro sanitário com recuperação do gás (KUMAR; SAMADDER, 2017).

Abaixo será realizada uma breve descrição destas tecnologias, excetuando-se a recuperação energética em aterros sanitários, por se entender que esta tecnologia, além de já ter sido amplamente divulgada, é praticamente a única alternativa de recuperação energética, a partir de RSU, implantada em algumas localidades no Brasil.

3.2.1 Incineração

O método de conversão térmica mais antigo utilizado no mundo é a incineração, que corresponde à destruição dos resíduos, através da combustão controlada em alta temperatura. Como decorrência, pode haver redução de aproximadamente 70% da massa total do resíduo e 90% do volume total do mesmo (TOZLU; ÖZAHİ; ABUŞOĞLU, 2016). A meta principal da incineração é reduzir a massa e o volume dos resíduos, além de torna-los inertes quimicamente, num processo de combustão sem a necessidade de combustível adicional (combustão autotérmica). Consequentemente, ela possibilita a recuperação de energia, minerais e metais provindos dos resíduos (GIZ, 2017).

Ao entrar em contato com oxigênio, as substâncias combustíveis contidas nos resíduos começam a queimar quando a temperatura de ignição é atingida, o que ocorre entre 850 e 1450°C, e o processo de combustão se dá nas fases sólida e líquida simultaneamente, liberando energia na forma de calor. A incineração trata resíduos domésticos tipicamente misturados e crus, além de certos resíduos industriais e comerciais. É necessário um poder calorífico mínimo dos resíduos

para tornar possível a reação térmica em cadeia e a combustão autossuficiente (autotérmica), ou seja, o poder calorífico inferior (PCI) não poderá ser inferior a 7,0 MJ/kg. O PCI dos RSU não segregados, de países em desenvolvimento, costuma ser inferior a este valor, devido ao conteúdo predominantemente orgânico, com muita umidade e um nível significativo de frações inertes, como cinza ou areia (GIZ, 2017). Segundo Kumar e Samadder (2017), para o Banco Mundial, o poder calorífico médio dos RSU deveria ser no mínimo 1700 kcal/kg (7,1 MJ/kg), para uma efetiva operação de incineração, com recuperação energética, ao passo que para a Agência Internacional de Energia (IEA), os valores deveriam ser maiores que 1900 kcal/kg (8,0 MJ/kg), para que a incineração seja viável.

Os gases decorrentes da combustão, após tratamento, são liberados para a atmosfera através de duto de exaustão. Estes gases contêm a maior parte da energia disponível na forma de calor, bem como materiais particulados e poluentes gasosos, que precisam ser removidos através de processo de purificação. O calor da combustão poderá ser utilizado para gerar vapor, com as seguintes finalidades: geração de energia elétrica, aquecimento/refrigeração distrital, ou fornecimento de vapor para processos industriais próximos. Plantas que utilizam cogeração de energia, ou seja, produção combinada de energia térmica e elétrica (ou mecânica) por meio do combustível utilizado, podem atingir uma eficiência máxima de 80%, enquanto a geração isolada de energia elétrica irá atingir uma eficiência máxima de aproximadamente 20% (GIZ, 2017). Segundo EPE (2014), as principais tecnologias disponíveis com plantas em funcionamento sugerem a escala de 150 t/d (55.000 t/ano), e os sistemas de geração elétrica podem ofertar entre 350 e 600 kWh/t.

Mesmo quando o processo ocorre em condições ideais de combustão, os gases resultantes precisam ser tratados, para que se evitem riscos irreversíveis à saúde da população local e ao meio ambiente. Como exemplos de poluentes nos gases de combustão, têm-se material particulado, ácido clorídrico (HCl), ácido fluorídrico (HF) e dióxido de enxofre (SO₂). Componentes contendo mercúrio, dioxinas ou dióxido de nitrogênio (NO₂) só podem ser removidos através de processos químicos avançados, o que aumenta significativamente os custos do projeto. Desta forma, é essencial que se cumpram normas internacionais de emissões e que o monitoramento e registro das emissões sejam assegurados. O resíduo da incineração (cerca de 25%) ocorre na forma de escória (cinzas de fundo) e cinzas em suspensão. A cinza de fundo é composta por partículas finas que atingem o fundo do incinerador durante a combustão, enquanto a cinza em suspensão se refere a partículas finas nos gases de combustão, que devem ser removidas através de tratamento do gás. Estes resíduos exigem maior atenção, e no caso das cinzas em suspensão perigosas, é necessário um local para descarte final seguro. Em alguns casos, a escória pode ser utilizada para a construção viária. A separação prévia de vidros, metais, resíduos

da construção civil e cinzas, além de aumentar o poder calorífico do lixo, reduz a quantidade de escória e metais recuperáveis. A separação de resíduos orgânicos de cozinha e jardim aumenta o poder calorífico do lixo, devido à redução da umidade do mesmo. A separação de resíduos perigosos, como baterias e eletrônicos, reduz os esforços para remover os metais pesados tóxicos voláteis, como o mercúrio das emissões atmosféricas, e também reduz a concentração de poluentes tóxicos na escória e cinzas em suspensão, como o cádmio, chumbo e zinco. A separação de resíduos de PVC reduz a carga de cloro nas emissões, assim como a separação de resíduos volumosos reduz o esforço para fragmentar os resíduos (GIZ, 2017).

3.2.2 CDR – Combustível Derivado de Resíduo

O CDR é produzido através do RSU, para utilização como combustível, basicamente em fornos de cimento e centrais de energia elétrica (coprocessamento). Após a remoção dos materiais recicláveis e remoção dos materiais não combustíveis, na coleta e/ou centro de triagem, ele passa por um processo de trituração e, posteriormente, por um processo de secagem, para aumentar o poder calorífico do CDR e evitar processos de fermentação. Dependendo da qualidade final desejada para o produto, ele pode passar por um processo de refino, para nova redução de frações indesejáveis, e ser transformado em pellets ou briquetes, para aumentar a densidade de energia, otimizando o transporte e o armazenamento do mesmo. A produção de CDR requer quantidades significativas de energia para seleção, trituração e secagem. Este processo é energeticamente sustentável desde que o balanço total de energia, da coleta até o destino final dos resíduos, após a sua combustão, seja positivo, e que não produza resíduos contaminados após combustão. O processo de produção do CDR gera rejeitos que devem ser eliminados. O percentual destes rejeitos varia de 20 a 80%, dependendo da qualidade do resíduo e do tipo de coleta e separação dos mesmos (FADE, 2014).

O coprocessamento corresponde à utilização de resíduos para substituir recursos naturais minerais e/ou combustíveis fósseis, em processos industriais. Ele ocorre, majoritariamente, na indústria de cimento e em usinas termelétricas. Os CDR são normalmente constituídos por frações segregadas de RSU, resíduos comerciais ou industriais, com alto poder calorífico, e baixos teores de cloro, enxofre e metais. O poder calorífico do CDR deve estar em torno de 10 - 15 MJ/kg, para que seja economicamente viável. No caso das cimenteiras, sua aplicação deve ser compatível com o funcionamento contínuo do forno, com a qualidade desejável do produto e com o desempenho ambiental da planta. Também é necessário assegurar sua taxa de alimentação (GIZ, 2017).

A recuperação de energia e materiais propiciada pelo coprocessamento pode

contribuir para a redução dos impactos ambientais decorrentes da produção de cimento, que tem um alto consumo de energia e recursos, e causa uma série de emissões atmosféricas. Desta forma, ao se utilizar CDR, as emissões devem ser menores ou iguais às emissões, quando não se faz o uso dos mesmos. A clinkerização a 1450°C permite a incorporação total das cinzas e a ligação química dos metais ao material do clínquer. A substituição do combustível primário no processo produtivo representa uma recuperação de energia significativamente mais eficiente que em outras tecnologias WtE, atingindo 85 - 95%, a depender das características dos resíduos. A substituição de combustíveis tradicionais por resíduos, nas indústrias cimenteiras na União Europeia, está em torno de 39%. Este índice tem aumentado em países emergentes ou em desenvolvimento, porém, a parcela de RSU ainda é pequena, com relação a outros combustíveis, como pneus usados, resíduos industriais perigosos, lodos de estações de tratamento de esgotos, etc. (GIZ, 2017). Conforme a CIMENTO.ORG (2019), em 2014 foram coprocessados no Brasil 1,12 milhões de toneladas de resíduos na indústria do cimento, sendo 20% substitutos de matérias primas e 80% utilizados como fonte de energia. A substituição térmica decorrente do uso destes combustíveis foi de 8,1% e, entre 2000 e 2014, houve um aumento do uso de resíduos em fornos de cimento, da ordem de 374%.

O coprocessamento de resíduos no Brasil é normatizado pela Resolução CONAMA nº 264/1999, que trata do licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividade de coprocessamento de resíduos. A Resolução CONAMA nº 316/2002 dispõe sobre os procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Além destas Resoluções, existem diversas normativas estaduais (PROBIOGAS, 2017). A Resolução CONAMA nº 264/1999 não se aplica aos resíduos domiciliares brutos, entre outros. A Resolução SMA nº 38/2017 (São Paulo) estabelece diretrizes e condições para o licenciamento e a operação da atividade de recuperação de energia proveniente do uso de Combustível Derivado de Resíduos Sólidos Urbanos – CDRU em Fornos de Produção de Clínquer.

3.2.3 Pirólise

É um tratamento térmico avançado, que ocorre entre temperaturas de 400 - 800 °C, na ausência de oxigênio, produzindo gás, óleo e carvão. A quantidade e qualidade dos produtos gerados dependem da taxa de aquecimento, temperatura do processo, tempo de residência, composição dos resíduos e do tamanho dos pedaços (partículas) do lixo. Para a boa qualidade dos produtos, a matéria prima deve ser de um tipo específico de resíduo (plástico, pneus, equipamentos eletrônicos, resíduo elétrico, resíduos da madeira, etc.), como no caso dos pneus usados, em que se faz

a recuperação de óleo, negro de fumo e gás. Porém, poucos estudos têm reportado sobre a recuperação energética de RSU, utilizando a pirólise em escala comercial. Alguns exemplos bem sucedidos de plantas que geram eletricidade através da pirólise dos RSU: Portugal: planta em Burgau (110t/d); Alemanha: planta em Hamm (275t/d) entre outras; Japão: planta em Toyohashi (295t/d); Reino Unido (22t/d) e França (191t/d) (KUMAR; SAMADDER, 2017).

3.2.4 Gaseificação

É outra tecnologia de conversão térmica, na qual os componentes orgânicos são convertidos em Syngas, em atmosfera controlada em oxigênio e altas temperaturas (800 – 1600 °C). O Syngas é o produto mais importante da gaseificação, que pode ser usado na produção de energia, através da combustão. Ele também pode ser utilizado para produção de produtos químicos e combustíveis líquidos. A maior parte dos estudos em gaseificação esta focada em fluxos homogêneos de combustíveis sólidos (carvão, madeira, etc.) e tipos específicos de RSU. A gaseificação tem sido utilizada intensamente na indústria do carvão, mas recentemente seu potencial para recuperação energética de RSU tem sido considerado. O Japão tem diversas plantas operando desde 2007, porém funcionam como parte integrante de sistemas complexos de gestão de RSU ou em fluxos específicos de resíduos. Outros países, como EUA, Reino Unido, Itália, Alemanha, Noruega e Islândia, têm utilizado a gaseificação de RSU em processos de pequena escala (KUMAR; SAMADDER, 2017; GIZ, 2017).

A pirólise e a gaseificação são melhores que as outras tecnologias WtE sob o ponto de vista ambiental (emissões) e eficiência na recuperação energética. Porém, elas devem ainda ser estabelecidas em larga escala no mundo para a recuperação dos RSU, principalmente nos países em desenvolvimento, em que a eficiência dos gaseificadores e sistemas de limpeza de gases são baixas, a composição e tamanho das partículas dos RSU é heterogênea, e o resíduo possui alta umidade. Experiências ao longo dos últimos 40 anos comprovam que além dos desafios técnicos, empresas de pirólise e gaseificação precisam lidar com desafios econômicos que muitas vezes levaram ao encerramento de suas atividades, uma vez que não foi possível obter a receita necessária para cobrir os custos (KUMAR; SAMADDER, 2017; GIZ, 2017).

3.2.5 Digestão Anaeróbia para o Aproveitamento do Biogás

Digestão anaeróbia pode ser entendida como a conversão da matéria orgânica em dióxido de carbono, metano e lodo digerido, através de bactérias, em um ambiente pobre em oxigênio. Um biodigestor ou reator anaeróbio é utilizado para oferecer as condições necessárias para tal. O processo de biodigestão anaeróbia pode ser

dividido em quatro fases: hidrólise, que é o processo onde a matéria orgânica é quebrada em partes menores e mais simples; acidogênese, onde os produtos da hidrólise são convertidos em substratos para metanogênese; acetogênese, que também converte os produtos da acidogênese que não sofrem metanogênese diretamente e, finalmente, a metanogênese, que é a produção de metano por bactérias anaeróbias dos substratos. Esta última etapa (metanogênese), que é a fase mais crítica e mais lenta da biodigestão, é fortemente influenciada pelas condições de operação (temperatura, composição do substrato, taxa de alimentação, tempo de retenção, PH, concentração de amônia entre outros). O gás obtido durante a digestão anaeróbia, biogás, inclui, além do metano (50 – 70%) e do dióxido de carbono (25 – 45%), alguns gases inertes e compostos sulfurosos (EPE, 2014).

O processo de produção industrial de biogás possui as seguintes fases: pré-tratamento; digestão do resíduo, ou seja, a produção bioquímica do biogás; recuperação, tratamento e armazenamento do biogás; tratamento de resíduos e disposição do lodo da digestão. No pré-tratamento ocorre a separação dos materiais não digeríveis. Os resíduos recebidos pelo digestor vêm normalmente da coleta seletiva ou de um pré-tratamento mecânico. A separação garante a remoção de materiais recicláveis ou indesejáveis, tais como plásticos, vidros, metais e pedras. No caso da coleta seletiva, os materiais recicláveis são separados dos resíduos orgânicos na fonte. A separação mecânica pode ser empregada, caso a coleta seletiva não exista, ou caso ela seja insuficiente (EPE, 2014).

A Digestão Anaeróbia pode ser classificada quanto a Frequência de operação (Alimentação em batelada ou contínua); Faixa de temperatura (Condições psicrófilicas (< 25°C), mesófilicas (35-48°C) e termófilicas(>50°C), sendo que somente as duas últimas são consideradas economicamente viáveis); Tipo de biodigestor (Biodigestores de fluxo contínuo são comuns para matéria prima líquida como resíduos alimentares, águas residuais, lodo industrial de processamento de alimentos, enquanto biodigestores de batelada ou de fluxo não contínuo são usados para matéria prima sólida, que também pode ser diluída para ser usada em biodigestores de fluxo contínuo); Número de estágios (A digestão pode ser de um a múltiplos estágios) (GIZ, 2017).

Resíduos orgânicos domésticos, de mercados ou de jardins são matérias primas adequadas para Digestão Anaeróbia. A codigestão com resíduos agrícolas, lodo de estações de tratamento de águas residuais ou resíduos orgânicos industriais ou comerciais podem aumentar a disponibilidade de matéria prima, o que facilita a viabilidade econômica deste empreendimento. O rendimento do biogás resultante varia consideravelmente com a natureza da matéria prima, entre outras coisas. O biogás pode ser utilizado diretamente como fonte de calor, ou calor e energia elétrica, por meio de uma unidade de cogeração de energia, após dessulfurização e

secagem do mesmo. Outra alternativa é purificar o biogás gerando o biometano com teor de metano de aproximadamente 98% e que pode ser usado como substituto do gás natural (GIZ, 2017). Conforme citado anteriormente, a Resolução 685/2017 ANP estabelece regras de controle de qualidade e especificações do biometano, oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto, para o uso veicular e instalações residenciais, industriais e comerciais.

Além da recuperação de energia provinda da matéria orgânica, a utilização do biogás em substituição aos combustíveis fósseis, reduz a emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera, porém, se os biodigestores estiverem operando inadequadamente, pode haver risco de vazamento de biogás, o que causaria a emissão de metano para a atmosfera (GIZ, 2017). O lodo gerado nos reatores (material digerido), geralmente é direcionado a um sistema de compostagem, visando à estabilização final. Posteriormente, este pode ser submetido a um processo de peneiramento, com a finalidade de remover impróprios de dimensões reduzidas (como fragmentos de plásticos, vidro, etc.) e agregar qualidade ao material, sendo utilizado como biofertilizante (PROBIOGAS, 2017). Entretanto, o uso do material digerido como biofertilizante depende da qualidade da matéria prima, sem contaminação de metais pesados ou patógenos (GIZ, 2017).

Uma vantagem da digestão anaeróbia sobre o aproveitamento do gás de aterro é reduzir a quantidade de resíduos depositados em aterro sanitário. Com isso, estende-se a vida útil do aterro e a oferta de biogás se regulariza durante este horizonte. A maioria das tecnologias disponíveis e com plantas em funcionamento sugere como escala mínima 100 t/d de fração orgânica. Considerando eficiência de 35% na conversão de energia térmica para energia elétrica, são obtidos entre 120 e 290 kWh elétricos por tonelada de RSU (kWh/t), dependendo do conteúdo energético do lixo (EPE, 2014).

Um dos principais desafios para a operação de digestão anaeróbia em larga escala é garantir o fornecimento regular da fração orgânica de resíduos bem segregados. Porém, em muitos países em desenvolvimento, os resíduos orgânicos estão misturados com plásticos, metais e outros contaminantes, que tendem a comprometer o funcionamento da digestão anaeróbia em larga escala. Consequentemente, há poucos casos de sucesso da utilização da digestão anaeróbia, a partir de RSU, em países em desenvolvimento (GIZ, 2017).

Algumas vantagens e desvantagens quando se faz uso da incineração, CDR, digestão anaeróbia e aterros sanitários, como forma de tratamento dos RSU, podem ser vistas na Tabela 1 (FADE, 2014; DIAS et al., 2016; TOZLU; ÖZAHİ; ABUŞOĞLU, 2016; GIZ, 2017).

3.3 A Reciclagem e a Conservação de Energia

A reciclagem contribui para reduzir a demanda de fontes naturais de matéria-prima, e também a demanda de energia, muitas vezes não renováveis, necessária para a transformação dessa matéria prima em produtos. É comum que a transformação de material reciclado consuma menos energia que a transformação do insumo primário, o que faz da reciclagem um elemento da estratégia de conservação da energia (EPE, 2014). Conforme (FADE, 2014), entre os vários aspectos positivos da reciclagem, destacam-se a preservação de recursos naturais, economia de energia, geração de trabalho e renda, e conscientização da população para as questões ambientais.

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
Incineração	Necessidade de menor área para a instalação.	Elevados custos de investimento, operação e manutenção.
	Significativa redução de massa e volume dos resíduos.	Mão de obra qualificada para operação e monitoramento da planta.
	Potencial de recuperação de energia superior aos aterros sanitários e digestão anaeróbia.	Inviabilidade de produção em caso de resíduos com umidade excessiva ou clorados.
	Redução na emissão de odores.	Emissão de poluentes perigosos. Exige cuidados específicos no tratamento dos gases de exaustão e água, além do descarte seguro da escória e das cinzas em suspensão.
	Aproveitamento da escória para utilização viária.	Necessidade de aterro para disposição de escória caso não haja uso.
	Menor influência das condições climáticas em relação ao aterro sanitário.	
	Possibilidade de redução dos custos de transporte pela localização da planta próxima à geração.	
CDR (quando comparado com o RSU incinerado sem tratamento)	Maior homogeneidade da composição físico química.	Pode ser inflamável sob determinadas condições ambientais. Exige cuidados de segurança no acondicionamento e armazenamento.
	Facilidade de armazenamento. Substrato preservado e armazenado por meses e anos. Melhor modulação da produção de energia.	Possibilidade de contaminação do CDR pela presença de substâncias tóxicas.
	Facilidade de transporte.	Custo de transporte entre local de preparo e local de uso.
	Maior PCI.	
	Agregação de valor aos resíduos (materiais e energia).	
	Redução das emissões e geração de poluentes.	
	Menor consumo energético da indústria cimenteira.	

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
CDR cont.	Prolongamento da vida útil de aterros existentes.	
Digestão Anaeróbia	Redução dos odores e lixiviados de alta carga poluidora, quando comparado com os aterros sanitários.	Mão de obra qualificada para operação e monitoramento da planta.
	Maior geração de biogás e metano que nos aterros sanitários.	A composição dos resíduos pode variar, comprometendo a qualidade do biogás e do material digerido.
	Coleta de todo o biogás, reduzindo emissões de gases de efeito estufa.	Necessidade de bioestabilização dos resíduos digeridos.
	Recuperação de energia (biogás) e composto orgânico.	
	Prolongamento da vida útil dos aterros sanitários.	
Aterro Sanitário	Opção de menor custo de investimento e operação.	Requer área muito grande, muitas vezes longe da zona urbana.
	Não requer mão de obra qualificada.	Escoamento superficial durante a chuva, causando poluição.
	O biogás pode ser utilizado para geração elétrica e/ou térmica.	O solo e água subterrânea podem ficar poluídos pelo lixiviado.
	Fontes naturais retornam ao solo, permitindo sua reciclagem.	Explosão espontânea devido ao acúmulo de metano.
		Produz apenas 30 a 40% do gás total gerado.
		Possibilidade de ocorrer maus odores.
		Período pós-fechamento relativamente longo para a estabilização do aterro, incluindo efluentes líquidos e gasosos.
		O custo do transporte é significativo.
	O custo do pré-tratamento do biogás pra injetá-lo na rede, e o tratamento de lixiviados pode ser significativo.	

Tabela 1: Vantagens e desvantagens quando se faz uso da incineração, CDR, digestão anaeróbia e aterros sanitários, como forma de tratamento dos RSU. Fonte: (FADE, 2014; DIAS et al., 2016; TOZLU; ÖZAHİ; ABUŞOĞLU, 2016; GIZ, 2017)

Arafat, Jijakli e Ahsan (2015) estudaram o potencial de produção de energia e o impacto ambiental associado a cinco processos de tratamento de RSU, aplicados a seis fluxos de resíduos específicos. Os cinco processos de tratamento são a incineração, gaseificação, digestão anaeróbia, aterro sanitário e compostagem, e os seis fluxos de resíduos são os resíduos de alimentos, jardins, plásticos, papéis, madeira e têxteis. Adicionalmente, estes processos de tratamento foram comparados com o processo de reciclagem (produção de energia versus conservação de energia), onde aplicável, para cada fluxo específico. Sob o ponto de vista da recuperação energética, conclui-se que o melhor é reciclar plásticos, papéis e madeira; digerir anaerobicamente resíduos de alimentos e jardins; e incinerar resíduos têxteis. Por

outro lado, o nível do impacto ambiental para cada processo depende da categoria do impacto considerada. De uma forma geral, dos cinco processos de tratamento citados, a digestão anaeróbia e a gaseificação tiveram um melhor desempenho ambiental. Para quantificar os impactos ambientais, foi utilizada a ferramenta Análise do Ciclo de Vida.

Segundo GIZ (2017), o aterro sanitário é uma solução intermediária ou transitória, uma necessidade para o descarte de resíduos. Não é a meta final da gestão sustentável de resíduos. Sistemas de Gerenciamento de RSU devem continuar dando prioridade à reciclagem. A separação, coleta, transporte, tratamento e descarte de RSU tem sido um dos principais objetivos de muitos países em desenvolvimento. Porém, apesar do progresso recente na reciclagem de materiais (plásticos, papéis, metais, vidros), os níveis de reciclagem ainda são insuficientes. Para alguns fluxos de resíduos não recicláveis, o WtE poderá ser uma alternativa viável, para atender o futuro aumento na quantidade de resíduos. Um tratamento térmico como incineração ou coprocessamento, em conformidade com as normas ambientais para emissões, também poderá contribuir para a destruição de substâncias orgânicas tóxicas. Alguns materiais valiosos, como metais, podem vir a ser recuperados da escória e das cinzas da incineração, mas, o restante deverá ser tratado e descartado em local seguro. Se os resíduos orgânicos forem devidamente separados, a digestão anaeróbia poderá ter um papel importante na recuperação de biogás e adubo natural. A captação de gás de aterro possibilita a mitigação do metano liberado no aterro sanitário. Tecnologias WtE não devem competir com a redução de resíduos, com a reutilização e reciclagem de materiais. WtE são tecnologias complementares para o tratamento das frações residuais não recicláveis de RSU.

Muitas vezes se acredita que plantas WtE sejam capazes de suprir grande parte da demanda de energia de uma localidade. A experiência de países desenvolvidos mostra que esta tecnologia supre uma pequena parcela da demanda de energia de uma cidade (~ 5%). A geração de calor é a aplicação mais eficiente na Europa, mas quase nunca utilizada em países em desenvolvimento. Outro mito é que uma planta WtE poderá cobrir seus custos somente pela venda de energia recuperada. Na Europa, onde o poder calorífico dos resíduos e os preços da energia são mais altos, a receita proveniente da venda não subsidiada de energia (em forma de calor e energia elétrica) poderá cobrir os custos operacionais, mas nunca os investimentos e os custos de capital (GIZ, 2017).

Alguns estudos que simulam a utilização de determinadas tecnologias, ou determinadas rotas tecnológicas, seja no Brasil ou na União Europeia, demonstram que o custos totais anuais, ou por tonelada de resíduo, superam as receitas destes empreendimentos (PROBIOGAS, 2017; GIZ, 2017). Segundo Grisa e Capanema (2018), algumas ações de curto prazo, ancoradas em instrumentos de planejamento

e contratações de longo prazo, capazes de integrar as diferentes esferas do poder público, já podem ser iniciadas. Entre algumas ações citadas, está a criação de uma taxa vinculada à prestação do serviço, por se tratar de uma ação fundamental para prover sustentabilidade financeira à gestão dos resíduos. Outras medidas precisam de um prazo maior para estruturação, como a coleta seletiva combinada com logística reversa e atividades de aproveitamento econômico do resíduo, em especial pela geração de energia por meio do RSU. As grandes mudanças estruturais capazes de transformar o setor, porém, concentram-se na implementação da responsabilidade compartilhada e de instrumentos de políticas públicas que promovam incentivos para o engajamento das empresas e dos cidadãos na geração e gestão dos resíduos.

Abaixo foram selecionadas algumas informações referentes ao aproveitamento energético dos RSU no Brasil.

Conforme o Banco de Informações de Geração da ANEEL (BIG – ANEEL, 2018), em outubro de 2018, a potência elétrica instalada (fiscalizada) no Brasil era de 160.672,6 MW. Deste total, 64,0% correspondem a fonte hídrica, 25,5% térmica, 1,2% termonuclear, 8,3 eólica e 0,9% solar, conforme indica a Figura 1 (a). Dos 25,5% correspondentes à fonte térmica, 16,4% são de natureza fóssil e 9,1% são provenientes da biomassa, conforme Figura 1 (b).

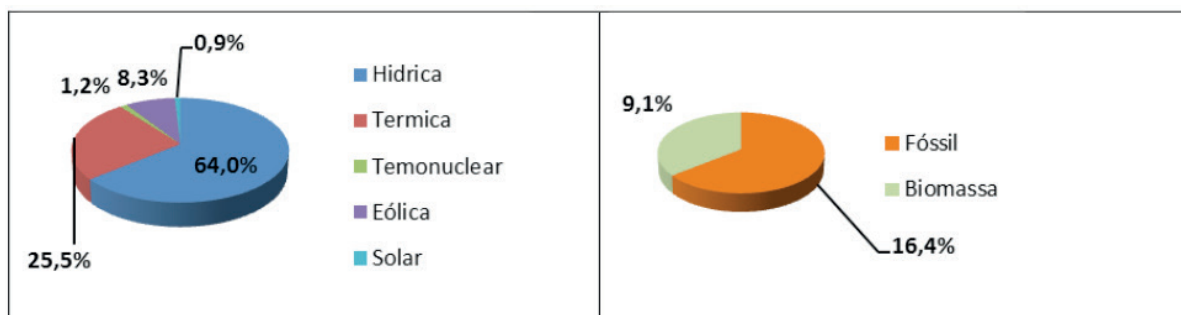


Figura 1: (a) Participação das fontes na capacidade total instalada; (b) Participação das fontes fósseis e biomassa na capacidade total instalada.

Fonte: Autoria própria, baseada nos dados do BIG – ANEEL (2018).

A Figura 2 mostra as fontes de biomassa e os seus respectivos percentuais, correspondentes à capacidade total instalada. Observa-se que o bagaço de cana é a biomassa que tem a maior potência instalada (7,0%), seguida pelo licor negro (1,6%), resíduos florestais (0,3%), RSU (0,1%) e Gás de alto forno (provindo da queima de biomassa) (0,1%).

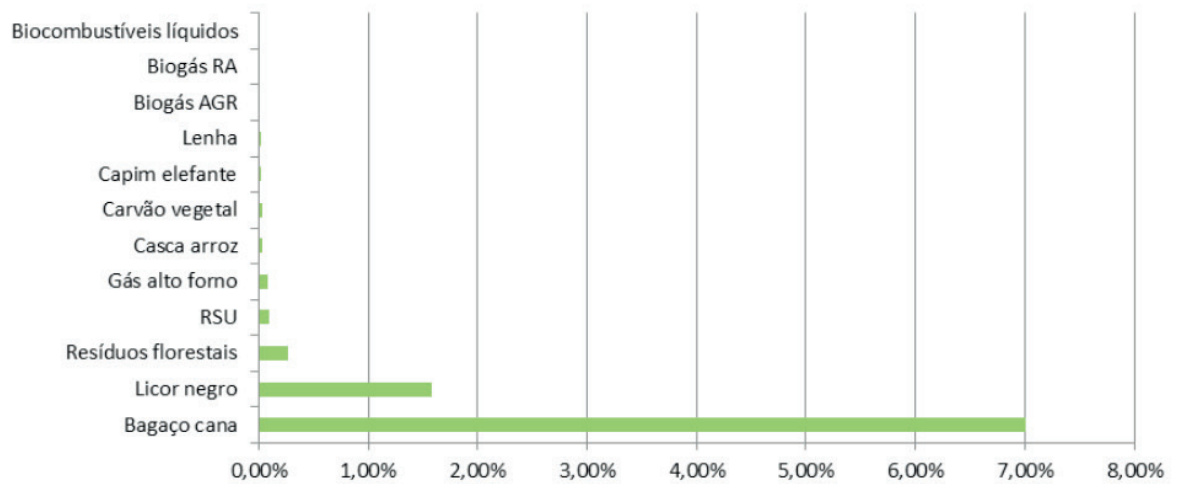


Figura 2: Participação das biomassas na capacidade total instalada.

Fonte: Autoria própria, baseada nos dados do BIG – ANEEL (2018).

Atualmente existem 22 empreendimentos no Brasil que geram energia elétrica através de RSU, dos quais, 20 utilizam biogás e 2 utilizam o carvão dos resíduos, obtidos através da pirólise dos RSU. Estas duas usinas, ainda não se encontram em operação. A potência total instalada para os 22 empreendimentos é de 138,4 MW, sendo 133,1 MW correspondentes aos que utilizam biogás e 5,3 MW aos que utilizam o carvão dos resíduos (BIG – ANEEL, 2018). Observa-se através da Figura 2, que há ainda dois outros tipos de aproveitamentos com biogás, que são os referentes aos resíduos agroindustriais (Biogás AGR) e os referentes aos resíduos animais, cujas potências instaladas são bem menores que a dos RSU.

4 | CONCLUSÕES

Através deste estudo, foi possível conhecer as principais tecnologias utilizadas mundialmente, que visam reduzir a disposição final dos RSU, assim como recuperar energia e matéria prima contidas nestes resíduos. A energia recuperada ocorre frequentemente nas formas térmica, elétrica, ou térmica e elétrica. A clínquerização permite a incorporação das cinzas e a incorporação dos metais existentes no resíduo, ao material do clínquer, e o lodo gerado nos reatores, no processo de digestão anaeróbia, pode ser utilizado como biofertilizante. Embora elas tragam uma série de vantagens, a operação destas plantas deve estar de acordo com as legislações ambientais vigentes, pois todas possuem, em maior ou menor grau, um potencial poluidor. Observou-se também a importância da reciclagem, uma vez que esta contribui para reduzir a demanda de fontes naturais de matéria-prima, e também a demanda de energia. Tecnologias WtE não devem competir com a redução de resíduos, com a reutilização e reciclagem de materiais. WtE são tecnologias

complementares para o tratamento das frações residuais não recicláveis de RSU. A experiência de países desenvolvidos mostra que estas tecnologias suprem uma pequena parcela da demanda de energia de uma cidade (~5%). A receita proveniente da venda não subsidiada de energia poderá cobrir os custos operacionais, mas nunca os investimentos e os custos de capital.

REFERÊNCIAS

ABRELPE – **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2017.

ARAFAT H. A., JIJAKLI K., AHSAN A. **Environmental performance and energy recovery potential of five processes for municipal solid waste treatment**. *Journal of Cleaner Production*, 105, 233e240, 2015.

BANCO DE INFORMAÇÕES DE GERAÇÃO DA ANEEL (BIG – ANEEL). <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>/Acesso em 18/10/2018.

BRASIL - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS – **Diagnóstico do Manejo de resíduos Sólidos Urbanos – 2016**. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, 2016.

CIMENTO.ORG - <https://cimento.org/coprocessamento/>. Acesso em abril de 2019.

DIAS S. M., SILVA R. B., BARREIRO F., COSTA M. **Avaliação do Potencial de Produção e Utilização de CDR em Portugal Continental**. Instituto Superior Técnico – CEBQ. Portugal, 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Nota Técnica DEA 18/14 “**Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos**”. Ministério de Minas e Energia – MME. Rio de Janeiro, 2014.

FUNDAÇÃO DE APOIO DO DESENVOLVIMENTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – FADE. **Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. UFPE. Pernambuco, 2014.

GIZ - DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT. **Opções em Waste-to-Energy na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos: Um guia para tomadores de decisão em países emergentes ou em desenvolvimento**. Eschborn, maio de 2017.

GRISA D.C., CAPANEMA L. **Resíduos Sólidos Urbanos**. Visão 2035: Brasil, país desenvolvido - agendas setoriais para o desenvolvimento. BNDES, 2018.

IBOPE Inteligência - <http://www.ibopeinteligencia.com/noticias-e-pesquisas/desinformacao-e-maior-dificuldade-para-a-reciclagem-no-brasil/>/Acesso em abril de 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos. Relatório de Pesquisa**. Brasília, 2012.

KUMAR A., SAMADDER S.R. **A review on technological options of waste to energy for effective management of municipal solid waste**. *Waste Management*, 69, 407–422, 2017.

LACERDA R. T. O., ENSSLIN L., ENSSLIN S. R. **Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho**. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 19, n. 1, p. 59-78, 2012.

MARIANI L. F., SOUSA M. A. **Brazil**. In IEA Bioenergy Task 37 Country Report Summaries 2017. IEA Bioenergy, 2018.

PROBIOGAS - PROJETO BRASIL ALEMANHA DE FOMENTO AO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE BIOGÁS NO BRASIL. **Viabilidade Econômica de Projetos de Valorização Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos com Produção de Biogás**. Ministério das Cidades. Brasília, 2017.

TOZLU A., ÖZAHİ E., ABUŞOĞLU A. **Waste to energy Technologies for municipal solid waste management in Gaziantep**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 54, 809–815, 2016.

WEBSTER Jane; WATSON Richard T. **Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review**. Webster & Watson/Guest Editorial. 2002.

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

Data de aceite: 06/01/2020

Tamires Lima da Silva

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu-SP

Talita Aparecida Pletsch

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus Montanha-ES

Jane Mary Schultz

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus Nova Venécia-ES

Gilmara da Silva Santos Nass

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus Nova Venécia-ES

Talwany Cezar

Faculdade Multivix, Campus Nova Venécia-ES

RESUMO: As Usinas de Triagem e Compostagem são consideradas uma opção para a destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos, especialmente em pequenos municípios. Várias pessoas direta ou indiretamente, são envolvidas, gerando empregos, renda, fomentando a economia local e reduções dos resíduos. Alguns estudos indicam que as pessoas que trabalham com “lixo”, muitas vezes sentem-se desvalorizadas

pela sociedade. Mediante o exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise sobre a percepção do trabalho desenvolvido pelos funcionários da “Usina de Triagem e Compostagem-UTC” do município de Montanha-ES. Foram realizadas entrevistas, aplicando um questionário semiestruturado a 26 funcionários. No questionário foram inseridas questões sobre idade, escolaridade, tempo de trabalho, função, valorização do serviço, discriminação, questões ambientais, acidentes de trabalho e formas de melhoria. Os resultados mostraram que os funcionários são motivados e tem consciência da importância do trabalho desenvolvido tanto para o meio ambiente quanto para a sociedade e que a melhoria das condições financeiras e estabilidade no emprego são os impactos de destaque.

PALAVRAS-CHAVE: Material reciclável, Triagem, Impacto social.

SOLID WASTE SORTING AND COMPOSTING PLANT IN THE MUNICIPALITY OF MONTANHA-ES: A STUDY ON THE WORKERS' PERCEPTION

ABSTRACT: The Solid Waste Sorting and Composting Plants are considered an option for the proper disposal of urban solid waste, especially in small municipalities. Several people directly or indirectly are involved, generating

jobs, income, increasing local economy and reducing waste. Some studies indicate that people who work with “trash” often feel devalued by society. The objective of this study was to conduct an analysis of the perception of the work developed by the employees of the “Solid Waste Sorting and Composting Plant-SWSCP” in the Municipality of Montanha-ES. Interviews were conducted by applying a semi-structured questionnaire to 26 employees. On the questionnaire were inserted questions about age, schooling, working time, duty, appreciation of the work, discrimination, environmental issues, occupational accidents and ways of improvements. The results showed that the employees are motivated and aware of the importance of the work developed for the environment as well for society and that the improvement of financial conditions and employment stability are the outstanding impacts.

KEYWORDS: Recyclable Material, Waste Sorting, Social Impact.

1 | INTRODUÇÃO

Usinas de Triagem e Compostagem – UTCs vem sendo utilizadas no Brasil desde o final da década de 1960, com implantação popularizada nos anos 90, e são consideradas uma boa opção para a destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos, principalmente em municípios de pequeno porte (VIMIEIRO; PEREIRA; LANGE, 2009)

Para a Fundação Estadual do Meio Ambiente-FEAM (2006) uma Usina de Triagem e Compostagem pode ser definida como um conjunto de estruturas físicas edificadas com galpão de recepção e triagem dos resíduos, pátio de compostagem, galpão para armazenamento de recicláveis, unidades de apoio (escritório, almoxarifado, copa/cozinha, instalações sanitárias/vestiários, etc), podendo também fazer parte da usina, valas de aterramento de rejeitos e de resíduos de saúde, unidades para tratamento dos efluentes gerados, tanto na operação como na higienização, que podem ser nas modalidades de fossa/filtro/sumidouro ou lagoa de tratamento.

As UTCs podem envolver direta ou indiretamente, um número significativo de pessoas em vários níveis hierárquicos, possibilitando assim, a geração de emprego e renda, o aumento da economia local e reduções dos resíduos que obrigatoriamente deverão ser dispostos em aterros sanitários (MACEDO, 2013).

Segundo Vimieiro (2012) quando comparado à realidade dos lixões, o trabalho nas UTCs é realizado em condições aparentemente mais seguras e higiênicas, com a utilização de equipamentos de segurança para proteção do contato direto com os resíduos, especialmente aos funcionários que permanecem junto à mesa ou esteira de triagem.

Apesar da extrema importância do trabalho desenvolvido pelos profissionais que lidam diretamente com o lixo para manutenção da saúde pública e proteção ambiental, Santos e Silva (2009), em seu trabalho, constataram que muitos destes

profissionais não se sentem valorizados e que a vida dos entrevistados é marcada pelo não-reconhecimento social e sentida como sofrida, humilhante, desqualificada socialmente e vergonhosa.

Diante do contexto apresentado, o objetivo do presente trabalho foi de realizar uma análise sobre a percepção do trabalho desenvolvido pelos funcionários da “Usina de Triagem e Compostagem” do município de Montanha-ES.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização do local de estudo

A pesquisa foi realizada na Usina de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos (UTC) da Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA) da Prefeitura de Montanha-ES, que seleciona os resíduos através da coleta seletiva e realiza a destinação final. Além disso, a usina possui duas fábricas agregadas, sendo uma para a produção de vassouras e outra para a produção de sabão, cujas matérias-primas são, respectivamente, garrafas PET e óleo de cozinha. As vassouras e sabão produzidos são destinados ao uso próprio do município. A UTC realiza também com a fração orgânica proveniente do lixo urbano, o processo de compostagem (degradação e humificação), que segundo a FEAM (2006) é a decomposição aeróbia (com presença de ar) da matéria orgânica pela ação de organismos biológicos, em condições físicas e químicas adequadas.

2.2 Coleta de dados

Foram realizadas entrevistas com os funcionários da UTC no mês de agosto de 2015, para compreender a percepção sobre o trabalho que realizam, papel na sociedade, no meio ambiente e possível discriminação.

A amostragem foi de 26 funcionários entrevistados por meio de questionário semiestruturado. O questionário foi dividido em três partes: na primeira, foram realizadas perguntas referente a idade, escolaridade, tempo de trabalho na UTC e função; na segunda, foram realizadas questões fechadas sobre valorização do serviço, discriminação, e questões ambientais; e na terceira foram conduzidas perguntas abertas sobre o trabalho desenvolvido na UTC e formas de melhoria.

Ressalta-se que foram entrevistados funcionários com diferentes funções dentro da UTC como: triadores (responsáveis pela triagem dos materiais recicláveis), coordenadores, funcionários responsáveis pela compostagem dos resíduos orgânicos e os encarregados pela fabricação de vassouras e sabão.

É importante destacar que a participação não era obrigatória, mas a grande maioria dos funcionários participou por livre opção, apenas dois funcionários

presentes no momento se negaram a participar.

3 | RESULTADOS

Na caracterização do grupo de trabalhadores, constatou-se que 62% são mulheres, com idade na faixa de 22 a 46 anos, enquanto o grupo dos homens correspondem a 38%, na faixa dos 30 a 64 anos. Os dados indicam que apesar de algumas atividades necessitarem de força física para serem realizadas a maioria dos funcionários são mulheres e comparativamente mais jovens do que o grupo de funcionários homens.

Em relação ao tempo de trabalho, na Figura 1, é indicado que 42% dos entrevistados trabalham entre 5 a 7 anos e 31% entre 3 a 4 anos, indicando a baixa rotatividade de funcionários na UTC, favorecendo o desenvolvimento das atividades. Quanto a escolaridade, apresentada na Figura 2, 35% dos entrevistados apresentam ensino fundamental incompleto e 15% ensino médio incompleto.

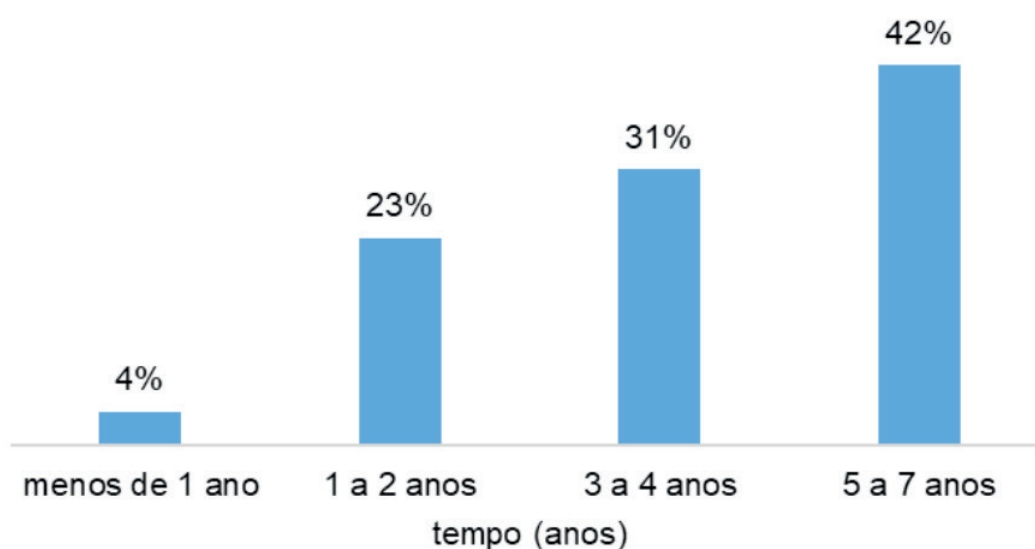


Figura 1. Tempo de trabalho na Usina de Triagem e Compostagem de Montanha-ES

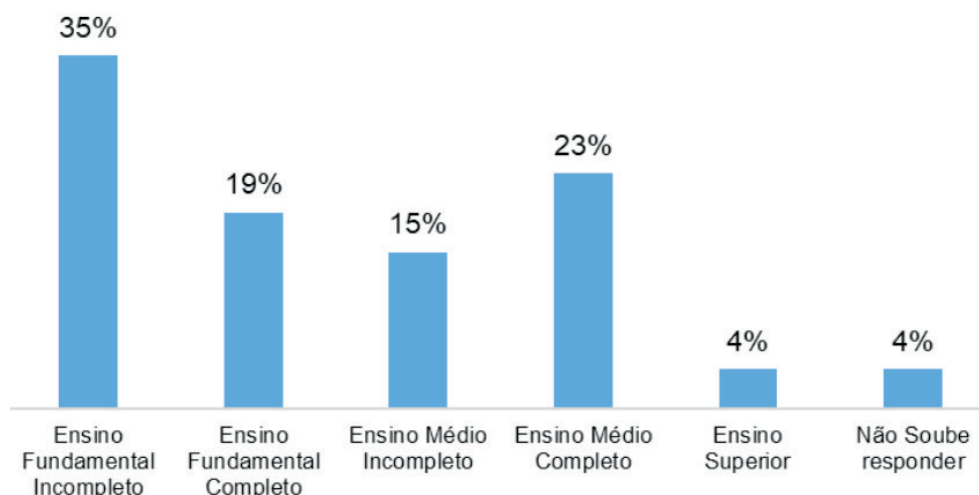


Figura 2. Escolaridade dos entrevistados

A Figura 3 apresenta as respostas da seguinte pergunta realizada “Qual a importância que você dá ao seu trabalho?”, pediu-se que indicassem uma nota de 0 a 10. Nos resultados, 77% dos entrevistados atribuíram nota 10, sendo importante salientar que nenhuma nota foi atribuída com valor menor que 7, indicando que os funcionários sentem e sabem que o trabalho desenvolvido é de grande importância tanto para sociedade quanto para o meio ambiente.

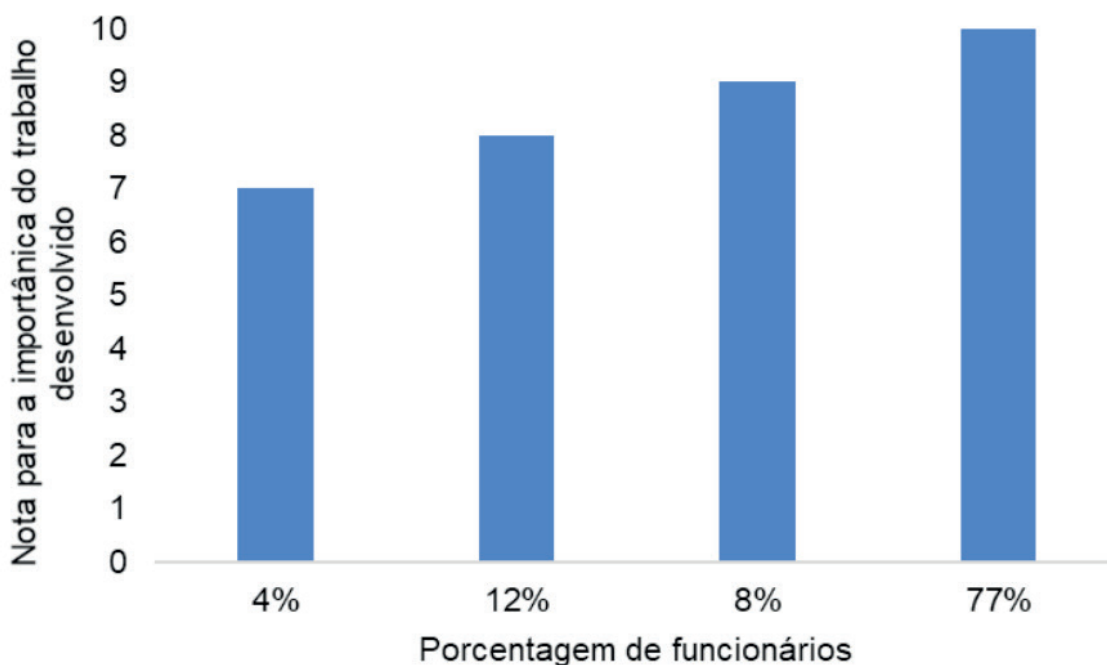


Figura 3. Gráfico sobre a Importância do trabalho desenvolvido

A Figura 4 apresenta os resultados sobre a opinião de valorização do trabalho. A grande maioria, 77% dos funcionários responderam que se sentem valorizados pelo trabalho que realizam diariamente na UTC. Os resultados apresentados, diferem de Santos e Silva (2011) onde os autores concluíram que os trabalhadores da coleta formal do lixo em Fortaleza-CE e os que trabalhavam na usina de triagem de materiais recicláveis estavam desenvolvendo suas atividades por questões nitidamente de sobrevivência e se sentiam desvalorizados e envergonhados socialmente pelo fato de trabalharem com o lixo.

Você se sente valorizado pelo trabalho que faz?

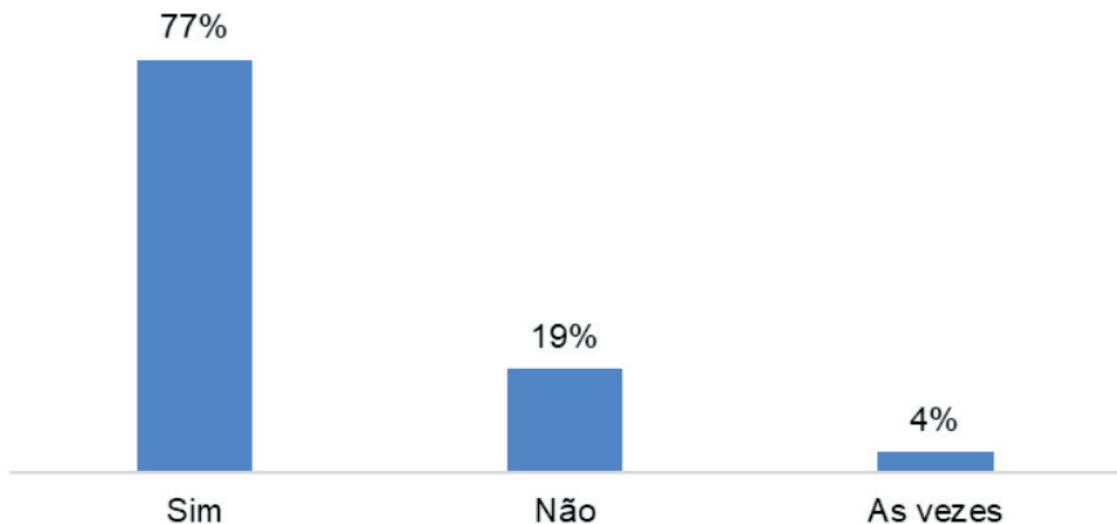


Figura 4. Gráfico sobre a valorização do trabalho desenvolvido

A Figura 5 apresenta as respostas sobre discriminação devido a profissão que desenvolvem ter contato direto com o “lixo” do município. Dos entrevistados, 81% diz nunca ter sofrido algum tipo de discriminação e 19% afirmam que já sofreram algum tipo de discriminação.

Você já sofreu algum tipo de discriminação devido a sua profissão?

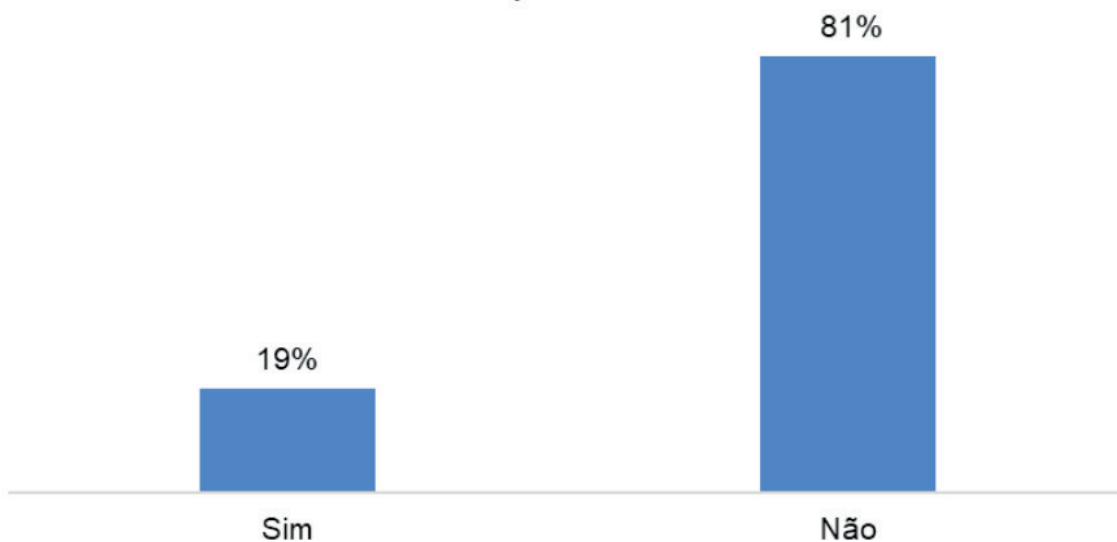


Figura 5. Gráfico sobre discriminação devido a profissão

Nas perguntas sobre o meio ambiente, referidas a seguir: “Você considera que seu trabalho tem importância para o meio ambiente?” e “Você tem interesse pelas questões ambientais?”, 100% dos funcionários responderam de forma positiva, mostrando que apresentam grande consciência sobre a importância da atividade para o meio ambiente e sociedade. Isso pode ser uma consequência dos treinamentos

oferecidos para os funcionários, e também pelas inúmeras visitas recebidas na UTC, dos estudantes das escolas municipais e de graduação de Instituições de Ensino da região, levando indiretamente a uma maior conscientização ambiental e valorização do trabalho.

Na Figura 6, são apresentados os dados relativos a acidentes de trabalho dentro da UTC, onde 46% dos entrevistados afirmaram já ter sofrido algum tipo de acidente. No trabalho desenvolvido por Hoefel et al. (2013) com catadores de resíduos sólidos recicláveis, 55,5% dos entrevistados afirmaram que já sofreram algum tipo de acidente. Os índices ficaram próximos, apesar dos grupos comparados serem diferentes (funcionários da UTC comparados a catadores de resíduos sólidos recicláveis). Estes percentuais relativamente altos evidenciam a importância do uso de Equipamentos de Proteção Individual-EPI's por parte dos trabalhadores, a fim de evitar contato direto com os resíduos e diminuir o risco de injúrias e propagação de doenças.

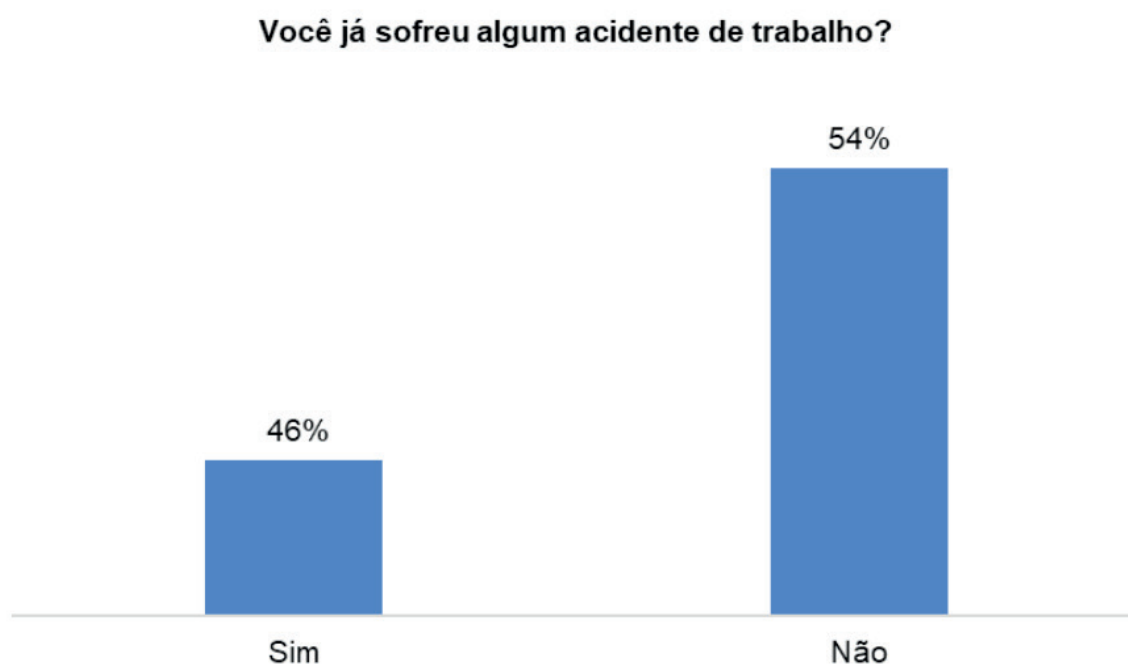


Figura 6. Gráfico sobre acidente de trabalho

Na questão, “O que você acha que a população do município de Montanha poderia fazer para melhorar e contribuir com o seu serviço? ”, pertencente a terceira parte do questionário, 73% dos entrevistados realizaram menções sobre a importância da separação do lixo seco e do lixo úmido, fato esse, que contribui de maneira significativa no sucesso da triagem dos resíduos. Pode-se concluir por meio desse fato, que existem habitantes do município que ainda não separam corretamente seus resíduos (lixo seco e lixo úmido), mostrando que ações de educação ambiental quanto a segregação dos resíduos, devem ser realizadas de forma contínua junto à população.

Na questão sobre “O que mudou na sua vida com o surgimento da UTC?”, 73% dos funcionários mencionaram a melhoria das condições financeiras, qualidade de vida e estabilidade no emprego. Apesar da atividade estar relacionada com separação de “lixo”, os entrevistados mostraram em sua totalidade fatos positivos após o surgimento da UTC. O entrevistado nº 16 relatou: “Mudou para melhor, pois com o trabalho posso arcar com os meus compromissos, ter uma vida digna.” Já o entrevistado nº 22 afirmou: “Ter um emprego que permita sustentar meus filhos.” Estas falas, deixam evidente a importância do emprego na UTC, em relação ao aspecto financeiro (geração de emprego e renda).

4 | CONCLUSÕES

Conclui-se que:

Os funcionários da UTC são motivados e tem consciência da importância do trabalho desenvolvido tanto para o meio ambiente quanto para a sociedade, mostrando que é possível trabalhar com “lixo” e ter orgulho da atividade desenvolvida.

Os principais impactos pessoais mencionados pelos trabalhadores relacionados ao surgimento da UTC são: melhoria das condições financeiras e estabilidade no emprego.

REFERÊNCIAS

Fundação Estadual do Meio Ambiente- FEAM. **Orientações técnicas para a operação de usina de triagem e compostagem do lixo**. Belo Horizonte: FEAM, 2006. 52p.

HOEFEL, M. d. G. et al. **Accidents at work and living conditions among solid waste segregators in the open dump of Distrito Federal**. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, [S.l.], v. 16, n. 3, p.774-785, set. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-790x2013000300020>.

MACEDO, K. G. **Desenvolvimento de índice de qualidade para usinas de triagem e compostagem e para cooperativas de catadores com base no modelo força-motriz-pressão-impacto-estado-resposta (FPIER)**.2013.153 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental, Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2013. Disponível em: <<https://www.unaerp.br/documentos/750-dissertacao-karla-goncalves-macedo-pdf/file>>. Acesso em: 01 out. 2019.

SANTOS, G. O.; SILVA, L. F. F. **Os significados do lixo para garis e catadores de Fortaleza (CE, Brasil)**. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 8, p.3413-3419, 2011.

SANTOS, G. O.; SILVA, L. F. F.; **Há dignidade no trabalho com o lixo? Considerações sobre o olhar do trabalhador**. *Revista Mal Estar e Subjetividade*, Fortaleza, v. 9, n. 2, p.689-716, jun. 2009.

VIMIEIRO, G. V. **Usinas de triagem e compostagem: Valorização de resíduos e de pessoas- Um estudo sobre a operação e os funcionários de unidades de Minas Gerais**. 2012. 367 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/ENGD-93RHNE>>. Acesso em: 01 out. 2019.

VIMIEIRO, G. V.; PEREIRA, L. Z.; LANGE, L. C. **Trabalho e Qualidade de Vida em Usinas de Triagem e Compostagem de Resíduos Urbanos. Revista de Administração Faces Journal**, [S.l.], v. 8, n. 2, p.94-105, 2009. [Internet] Sistema de Información Científica Redalyc Red de Revistas Científicas. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194016886007>>. Acesso em: 01 out. 2019.

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

Data de aceite: 06/01/2020

Aline Souza Sardinha

Engenheira sanitária, Mestre em Geologia, Docente do curso de Engenharia Ambiental da Universidade do estado do Pará (UEPA).

Vinicius Salvador Soares

Engenheiro Ambiental. Universidade do Estado do Pará (UEPA).

Jeferson Martins Leite

Engenheiro Ambiental. Universidade do Estado do Pará (UEPA).

Antônio Pereira Júnior

Licenciatura Plena em Ciência Biológicas, Mestre em Ciência ambientais, Docente do curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Pará (UEPA).

Suziane Nascimento Santos

Engenheira Ambiental, Mestre em Geologia, Docente do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

Carlos José Capela Bispo

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Ciências Ambientais, Docente do curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Pará (UEPA).

Ana Paula Santana Pereira

Engenheira Ambiental. Universidade do Estado do Pará (UEPA).

Mayara Aires do Espirito Santo

Engenheiro Ambiental. Universidade do Estado do Pará (UEPA).

Mateus do Carmo Rocha

Acadêmico do curso de Engenharia Ambiental; estagiário de Laboratório de Bioprodutos; discente voluntário do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica. Universidade do Estado do Pará.

Hyago Elias Nascimento Souza

Engenheiro Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Mestre em Ciências Ambientais pela UFPA.

RESUMO: No Brasil a grande geração de resíduos sólidos (RS) e a sua destinação inadequada é um grande problema. Em torno de 50% a 60% dos resíduos gerados constitui-se de materiais orgânicos passíveis à compostagem. Dentre as práticas relevantes para conservar o solo em condições favoráveis ao exercício de suas inúmeras funções, principalmente em condições climáticas de semiaridez, está a compostagem. A transformação dos materiais orgânicos em produto de alto valor agregado, podem ser utilizados nas escolas e assim promover a interação ecológica por meio da. O objetivo desse trabalho foi acompanhar a implantação da compostagem da fração orgânica dos RS em uma escola municipal sob o município de Marabá (PA) e avaliar o índice de educação ambiental frente aos educandos e funcionários antes e depois da implantação do projeto. Foi realizada uma visita na escola

a fim de apresentar o projeto, com aplicação de formulários semiestruturados e palestras informais aos educandos com questões referentes à compostagem. Para aplicar o conhecimento adquirido começou-se a parte prática com a implantação da composteira doméstica iniciando o processo de compostagem seguido de aplicação do composto gerado a uma pequena horta escolar. Feita a análise dos formulários, observou que 63,5% dos educandos desconheciam sobre compostagem; 84,1% desejam aprender e aplicar na escola; 98,5% dos educandos tem a percepção da importância da EA na escola. Concluiu-se que a implantação da compostagem em todas as etapas foi satisfatória, e gerou interesse por parte da escola em continuar o projeto ora implantado.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos orgânicos, Horta escolar, Composteira.

COMPOSTING AS A TOOL FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION: AN IMPLEMENTATION OF THE METHOD ON A PUBLIC SCHOOL IN MARABÁ-PA

ABSTRACT: In Brazil, the large generation of solid waste (RS) and its improper disposal is a major problem. Around 50% to 60% of the generated waste is made up of organic materials that can be composted. Among the relevant practices to conserve the soil in conditions favorable to the exercise of its numerous functions, especially in climatic conditions of semi-aridity, is composting. The transformation of organic materials into high added value products can be used in schools and thus promote ecological interaction through composting. The objective of this work was to monitor the implementation of composting of the organic fraction of RS in a municipal school under the municipality of Marabá (PA) and evaluate the environmental education index in front of the students and employees before and after the implementation of the project. A visit was made to the school in order to present the project, with the application of semi-structured forms and informal lectures to the students with issues related to composting. In order to apply the acquired knowledge, the practical part was started with the implementation of the home compost plant, starting the composting process followed by the application of the compost generated to a small school garden. After analyzing the questionnaires, he observed that 63.5% of the students did not know about composting, 84.1% wanted to learn and apply at school, 98.5% of the students had the perception of the importance of environmental education at school. It was concluded that the implementation of composting in all stages was satisfactory, and generated interest on the part of the school to continue the project now implemented.

KEYWORDS: Organic waste, School garden, compost bin.

1 | INTRODUÇÃO

Nos domicílios do Brasil, em torno de 50% a 60% dos resíduos gerados constituem-se de materiais orgânicos passíveis à compostagem, no entanto, devido não haver uma coleta de forma adequada, estes materiais acabam sendo destinados

juntamente a resíduos perigosos, recicláveis e rejeitos para aterros sanitários e lixões (MASSUKADO, 2008). Além disso, apenas 1,6% dos resíduos orgânicos produzidos na fonte são destinados para unidades de compostagem, sendo o restante encaminhado para outros meios de destinação, como lixões, aterros controlados e aterros sanitários (IPEA, 2012).

Segundo Moreira, Carvalho e Günther (2010), a geração crescente e diversificada de resíduos sólidos urbanos (RSU) e a disposição final dos mesmos sempre foi motivo de preocupação para os setores responsáveis por seu gerenciamento. Seu destino inadequado resulta em impactos ambientais e riscos à saúde e, atualmente, é um dos principais problemas de poluição urbana.

Essa geração de resíduos sólidos causa uma grande problemática ambiental, e para solucioná-la é necessário que a sociedade adote ações que proporcionem a diminuição do desperdício e a compostagem como forma de tratamentos dos resíduos orgânicos gerados (SANTOS; FEHR, 2007).

Aquino (2005) diz que os resíduos orgânicos sofrem transformações metabólicas desde que fornecidas às condições de umidade, aeração e microrganismos como bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários, algas, além de larvas, insetos etc., que têm na matéria orgânica in natura sua fonte de energia. Como resultado da digestão da matéria orgânica por esses organismos, ocorre à liberação de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio se transformando em nutrientes minerais. Ou seja, esses elementos, antes imobilizados na forma orgânica, tornam-se disponíveis para as plantas num processo conhecido como mineralização.

No entanto, um marco histórico da gestão ambiental de resíduos sólidos no Brasil se deu pela Lei Federal nº 12.305/10 que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário do País no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos (RIBEIRO; SOARES, 2015).

Dentre as práticas relevantes para conservar o solo em condições favoráveis ao exercício de suas inúmeras funções, principalmente em condições climáticas de semiaridez, está a compostagem (SILVA et al., 2007), método simples que pode ser utilizado pela comunidade em geral.

De acordo com Meira, Cazzonato e Soares (2012), dentre as inúmeras vantagens pode-se destacar: (i) economia de espaço físico e gastos com aterro sanitário, tendo em vista que aproximadamente 65% do RSU brasileiro são compostáveis; (ii) diminuição dos gastos com transporte dos resíduos; (iii) reciclagem dos nutrientes contidos no solo, devolvendo a ele os componentes de que precisa e reaproveitamento agrícola da matéria orgânica, gerando um composto que pode ser usado em vasos, jardins e hortas.

A transformação dos resíduos orgânicos em um produto de alto valor agregado como o composto orgânico através da composteira é de real eficácia, podendo ser utilizado em escolas onde será produzido, ocasionando uma educação ambiental, além de uma interação ecológica positiva entre os envolvidos, utilizando os princípios como forma de sensibilização dos discentes quanto aos problemas ocasionados pelo manejo e destinação inadequada desses resíduos (RUSCHEL, 2013).

A educação ambiental é considerada essencial para formar cidadãos conscientes, capazes de tomar decisões incidentes sobre a realidade socioambiental, de forma comprometida com a vida do planeta (MANNION, 2019).

Este trabalho teve como objetivo acompanhar a implantação da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos em uma escola municipal de Marabá (PA), bem como avaliar o índice de educação ambiental dos educandos e funcionários da escola antes da implantação do projeto.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local de estudo

A pesquisa foi realizada na Escola Municipal Oneide Souza Tavares, localizada na cidade de Marabá - PA no Núcleo Nova Marabá, sob as coordenadas de latitude 05° 21'25,71"S e longitude 49° 04'52,57"O.

2.2 Delineamento da pesquisa

O método da pesquisa foi o dedutivo, em que a partir de duas premissas verdadeiras é obtida uma conclusão verdadeira: (1) A compostagem em escolas é imprescindível na educação ambiental; (2) As escolas necessitam de aplicação voltados a educação ambiental; logo, a compostagem nas escolas devem ser implementadas e avaliadas como ensino de extensão. Além disso, a abrangência da pesquisa foi quanti-qualitativa, de natureza aplicada e procedimento exploratório, o qual visa proporcionar maior familiaridade sobre o objeto de estudo (GIL, 2018; PRODANOV; FREITAS, 2013).

Outrossim, no estudo utilizaram-se de técnicas padronizadas de coleta de dados, com base na observação sistemática, ou seja, fundamenta-se na seleção de variáveis, com o objeto de estudo determinado, para estabelecer maneiras de mitigação da atuação dessas variáveis sobre o alvo da pesquisa, o que caracteriza um estudo de caso (MARCONI; LAKATOS, 2017). Este, foi atrelado ao levantamento de dados documentais e a aplicação da metodologia, a fim de uma melhor compreensão, foi dividida em sete etapas (Figura 1).

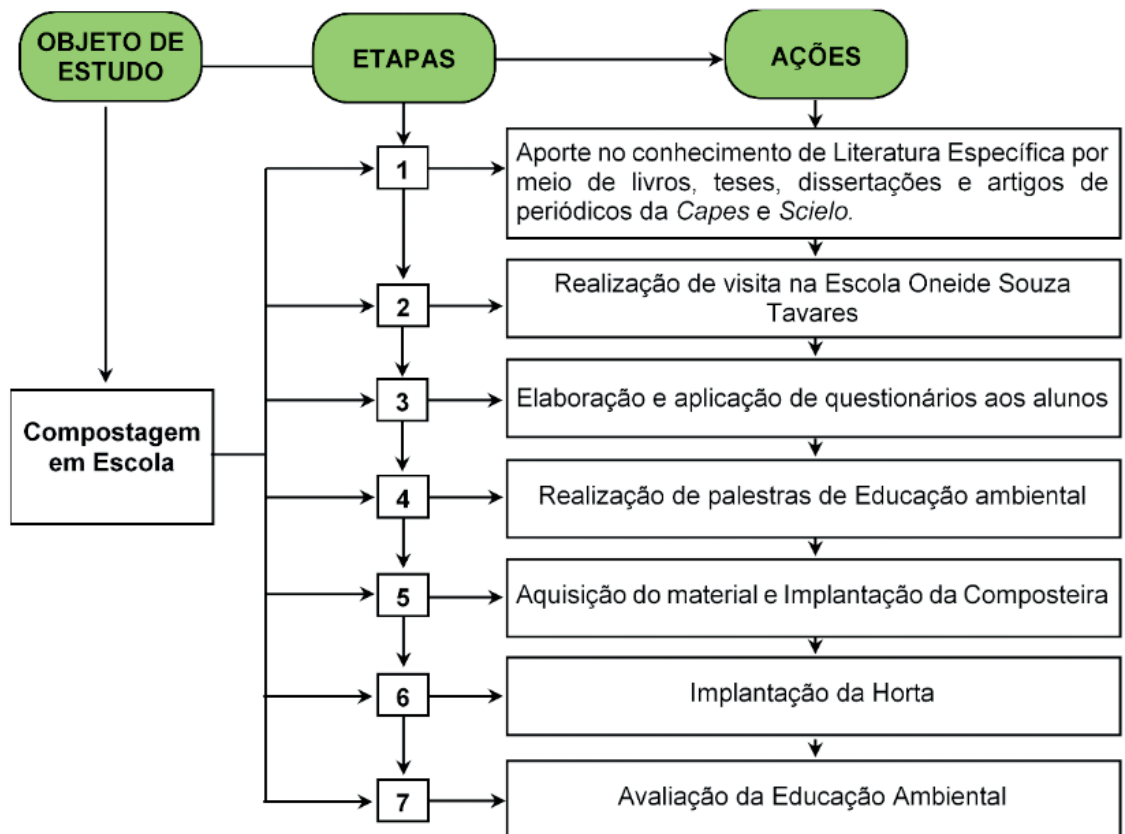


Figura 1. Fluxograma com as etapas do trabalho.

2.3 Procedimentos específicos

2.3.1 Visita na Escola

A pesquisa foi realizada na Escola Oneide Souza Tavares, onde foram selecionadas duas turmas do ensino fundamental, do 7º e 8º ano, com um total de 63 educandos. Ademais, foi realizada visita na escola a fim de falar sobre a proposta da implantação da coleta seletiva e utilização da carga orgânica para compostagem, a fim de, também utilizar o composto produzido em uma horta implantada no próprio local.

Diante disso, após fechar a parceria com o colégio foram direcionadas lixeiras para ajudar na separação e destinação adequada, o resíduo orgânico era guardado em uma geladeira no prazo de uma semana para ser incorporado na compostagem.

2.3.2 Aplicação de formulário

Em um terceiro momento foi aplicado um formulário que continha perguntas objetivas e discursivas. Também foi anotado todos os comentários de cada um com relação as respostas dadas. Segundo Raupp (2009), a pesquisa no aspecto qualitativo permite uma análise mais detalhada do fenômeno estudado, e conseqüentemente demonstrar o comportamento dos indivíduos e suas particularidades.

Dentre os temas abordados, destaca-se a manutenção dos resíduos sólidos

orgânicos produzidos em casa e na escola desde sua fonte até a destinação, coleta seletiva, poluição, compostagem, educação ambiental que é trabalhada na escola e a sua importância, e o interesse dos educandos com relação as questões ambientais e em desenvolver o projeto dando continuidade no próximo ano.

2.3.3 Palestra

Foram realizadas Palestras sobre Educação ambiental, resíduos sólidos e compostagem ensinando como fazer o método da compostagem na prática e como acompanhar o processo e implantar uma horta orgânica que poderá ser usadas na própria área de alimentação da escola, a fim de que os educandos prossigam com o projeto ensinando-o para outras turmas e mudando a mentalidade de várias pessoas referente aos cuidados com o meio ambiente e com os resíduos.

2.3.4 Implantação da composteira

Logo após a disponibilização das lixeiras para a escola para que houvesse a separação dos resíduos orgânicos, foi adquirido o recipiente para ser realizada a compostagem, o mesmo trata-se de um recipiente com dimensões 26,6 x 28,0 x 41 cm e com capacidade de 20 litros; então foi instalado em um local estratégico da escola por ser próximo ao local de aplicação, que se constitui na futura horta.

Após a implantação, foram adicionados à composteira restos de alimentos gerados na cantina como cascas de frutas, legumes e verduras, não foram inseridas sobras de alimentos como carnes, processados e cozidos, devido estes não apresentarem potencial de compostagem em relação às sobras consideradas naturais, depois foram inseridos material orgânico seco, como por exemplo pó de serragem

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Implantação da horta

Foi feito o acompanhamento do processo de compostagem com os próprios educandos da escola, ensinando-os a fazer o revolvimento na composteira quando o material estivesse muito úmido e a colocar água quando estivesse muito seco. Depois de 42 dias ao fazer o toque e com as mãos apertar o composto verificando que o mesmo apresentava as condições adequadas de degradação e umidade percebeu-se que o composto já estava maturado (figura 2), logo o mesmo já poderia ser utilizado na horta.



Figura 2: Resultado final do processo.

Foi utilizado alguns pneus que a escola tinha para colocar o composto gerado, aplicando-se 1/3 de areia e 1/3 de solo oriundo do próprio espaço da escola, em seguida misturou-se e foi colocado nos pneus. Por fim foi adicionado o composto, e logo após foram plantadas as mudas de coentro, cebolinha e alface (figura 3).

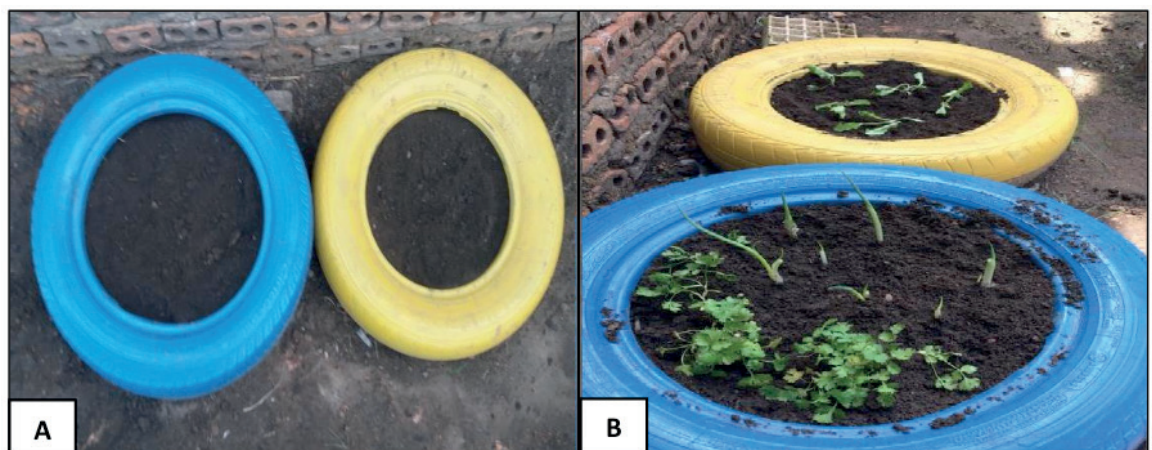


Figura 3: Pneus utilizados na horta (a) Pneus já preenchidos com o composto (b) Pneus preenchidos com composto e mudas na escola.

3.2 Análise do formulário

Com os formulários respondidos foram feitas as análises para avaliar o nível de entendimento sobre assuntos relacionados ao meio ambiente, como compostagem, educação ambiental e resíduos sólidos.

Foi feita a análise das respostas dadas aos educandos das duas turmas, 7º ano (30 educandos) e 8º ano (33 educandos), bem como foi observado e anotado

todos os comentários a respeito das questões oriundas do formulário. Com relação aos conhecimentos sobre a compostagem, 63,5% dos educandos desconheciam sobre o tema, cerca de 20% abaixo do valor encontrado por Lima e Judice (2014), o qual obteve como resposta que 84,4% também desconheciam sobre o assunto questionado.

Questionados sobre o desejo de aprender o método da compostagem 84,1% dos educandos desejam aprender e aplica-lo na escola, e, até mesmo em casa, enquanto que estudos de Garreta et al., (2016), apresentaram que 100% dos educandos reconhecem a importância da realização do projeto em função do mesmo contribuir para o meio ambiente e tem interesse em aprender na prática.

Em contrapartida 15,9% dos discentes não apresentaram interesse em conhecer os processos de compostagem, pois acreditam que o método exige muita atenção e muito tempo para realizar a compostagem.

Outra questão levantada refere-se à pergunta constante, no qual 98,5% dos educandos tem a percepção sobre a importância da educação ambiental, dados similares foram encontrados por Baum e Povaluk (2012) onde 96% dos educandos concordam que se deva trabalhar educação ambiental com maior frequência. É de suma importância obter conhecimento sobre educação ambiental, assim como aplicá-la na prática, buscando técnicas e métodos que sirvam de base, pois as mesmas podem incentivar os educandos a disseminar estes conhecimentos em suas comunidades.

Sobre os problemas ambientais percebidos pelos educandos do município de Marabá, eles indicaram os resíduos sólidos como os mais preocupantes, seguido por queimadas, desmatamento e poluição atmosférica. Castoldi et al., (2009), na pesquisa realizada em 2009 encontrou que os principais problemas ambientais da atualidade são: poluição, desmatamento, resíduos sólidos, desequilíbrio ecológico, entre outros.

Na entrevista foi citada que a maneira preferida dos educandos para discutir sobre esses assuntos é com a aplicação de trabalhos e jogos educacionais ou por vídeos sobre o assunto. Quando lhes foi perguntado sobre o desejo de continuação do projeto cerca de 90% respondeu positivamente.

3.3 Avaliação da educação ambiental

Como o nível de entendimento sobre o assunto foi baixo em alguns aspectos, palestras mais específicas sobre compostagem e educação ambiental foram realizadas a fim de que após todo processo seja dada continuidade pelo corpo docente/administrativo e educandos que participaram da primeira etapa do projeto.

Com a composteira instalada na escola, pôde-se perceber que com o passar

dos dias foi grande a preocupação dos educandos em obter logo o resultado da compostagem, visto que sempre tinham o interesse de olhar o processo e ficavam admirados com o desenvolvimento da mesma a cada dia. Os professores e demais funcionários também se disponibilizaram para comprar mais recipientes para que fosse feita compostagem por cada turma da escola.

A EA pode ser considerada uma ferramenta para difusão com relação aos resíduos sólidos, segundo Mannion (2019), foi percebido que na escola tanto professores quanto educandos aprimoraram os conceitos de reduzir, reutilizar e reciclar, além de permitir aumentar a sensibilidade no que tange à consciência ambiental.

Ela foi trabalhada com os educandos e professores eficazmente, em seguida, deu-se surgimento de várias ideias em conjunto com o corpo docente, fortalecendo assim a interação entre os envolvidos, sucedendo na interdisciplinaridade associada com o projeto implantado e percebeu-se principalmente pelos educandos que aprenderam a forma correta de fazer a separação do resíduo orgânico tanto em casa quanto na escola e que também podem utilizar a compostagem para conseguir composto para horta que produzirá o que irão consumir futuramente.

4 | CONCLUSÕES

A alternativa para a destinação dos resíduos orgânicos gerados na escola, com a implantação da compostagem doméstica apresentou êxito, visto que o composto estabilizado foi inserido na horta escolar.

A implantação do método de compostagem na escola foi de real eficácia pois muda completamente o pensamento de educandos e funcionários a respeito da destinação dos resíduos orgânicos gerados na própria escola e pode ser aplicado o método nas residências dos educandos e comunidades.

Conseqüentemente, notou-se que a coleta seletiva se tornou parte do cotidiano logo após a entrega das lixeiras, assim como se verificou o interesse de educandos, professores e funcionários da escola, em relação a continuidade do projeto.

Como sugestão, os pesquisadores sugerem a continuidade do projeto continue e que as Universidades possam realizar projetos de extensão com trocas de experiência para escolas a fim de proporcionar atividades de cidadania e educação ambiental.

REFERÊNCIAS

AQUINO, A. M. Integrando Compostagem e Vermicompostagem na Reciclagem de Resíduos Orgânicos Domésticos. **EMBRAPA - Circular Técnica**, Brasília, n. 12. 2005.

BAUM, M.; POVALUK M. A educação ambiental nas escolas públicas municipais de rio negrinho, SC. **Saúde Meio Ambiente**, Três Lagoas, v. 1, n. 1, jun. 2012.

CASTOLDI, R; BERNARDI, R; POLINARSKI, C. A. Percepção dos Problemas Ambientais por educandos do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Sociedade**, Porto Alegre v.1, n.1, p.56-80, 2009.

GARRETA, L. S. Educação ambiental por meio da compostagem de resíduos sólidos orgânicos na escola casa familiar rural da cidade de zé doca – MA. IN: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2, 2015. CAMPINA GRANDE. **Anais Eletrônicos...** Campina grande: Editora Realize, 2015. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/revistas/conedu/anais.php>>. Acesso em: 14 out. 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos: Relatório de Pesquisa. 2012. Disponível em: <<http://www.protegeer.gov.br/images/documents/59/16.%20IPEA,%202012.pdf>>. Acesso em: 14 Out. 2019.

LIMA, H. V.; JUDICE, M. G. **Compostagem como ferramenta para educação ambiental no Instituto de Assistência a Menores em Rio Verde – GO**. 2014. 14 f. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) -, Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2014.

MANNION, G. Re-assembling environmental and sustainability education: orientations from New Materialism. **ENVIRONMENTAL EDUCATION RESEARCH**, p. 1-20, 2019. Disponível em: < <https://doi.org/10.1080/13504622.2018.1536926>> Acesso em: 14 Out. 2019.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MASSUKADO, L. M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares**. 2008. 182 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

MEIRA, A. M.; CAZZONATTO, A. C.; SOARES, C. A. **Manual básico de compostagem**. Piracicaba: USP, 2012. 22 p.

MOREIRA, A. M. M.; CARVALHO, L. L.; GÜNTHER, W. M. R. Composteira experimental em ambiente institucional: Instrumento de educação ambiental e busca da sustentabilidade. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, São Paulo, v. 6, n. 10, p.844-861, ago. 2010.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAUPP, F. M. Metodologia da pesquisa aplicável às ciências sociais. In: BEUREN, I. M. **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009. p.76-97.

RIBEIRO, I. C.; SOARES, J. S. **Sistema inteligente de monitoramento da temperatura e umidade no processo de compostagem: protótipo baseado na plataforma Arduino**. 2015. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Universidade do Estado do Pará, Marabá, 2015.

RUSCHEL, C. B. V. **Compostagem de resíduos vegetais por diferentes métodos de aeração**. 2013. 50 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade

Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SANTOS, H. M. N.; FEHR, M. Educação Ambiental por meio da compostagem de resíduos sólidos orgânicos em escolas públicas de Araguari-MG. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 24, p.163-183, 2007.

SILVA, T. O. da. et al. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*, I – Produtividade vegetal e estoque de nutrientes no solo em longo prazo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 31. n.1. p. 39-49. 2007.

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

Data de aceite: 06/01/2020

Rebeca Emmanuela de Azevedo Duarte

Graduada de Engenharia Ambiental da Faculdade Estácio de Belém.
Belém-Pará

Letícia Karine Ferreira Vilhena

Graduada de Engenharia Ambiental da Faculdade Estácio de Belém.
Belém-Pará

Daniele Miranda Pereira

Graduada de Engenharia Ambiental da Faculdade Estácio de Belém.
Belém-Pará

RESUMO: Este artigo pretende discutir o uso e ocupação desordenada do solo na zona costeira do Estado do Pará, Salinópolis, situada na mesorregião do Nordeste paraense, microrregião do salgado. Para tanto, tornou-se necessário estabelecer ferramentas de planejamento que possibilitaram analisar e verificar o impacto da ocupação antrópica na área costeira. Neste sentido, o uso do sistema de informações geográficas (SIG), permitiu integrar dados de campos, produtos de sensores remotos e análises espaciais no monitoramento ambiental. A análise está centrada na atuação dos principais agentes considerados como indutores da ocupação desordenada da área

costeira do litoral paraense. Os resultados mostram o avanço da ocupação do solo na área costeira do município vem aumentando significativamente ao longo dos anos. Devido à expansão do turismo, excesso de empreendimentos turísticos e habitacionais, do veraneio marítimo, atividades econômicas que muito têm contribuído para a intensificação das formas de uso e apropriação do espaço litorâneo. Crescimentos desordenados, impactos ambientais são algumas das questões pontuais do avanço da área costeira do município de Salinópolis. Na área costeira do município de Salinópolis, espaço deste estudo, a atuação de tais indutores de ocupação desordenada (o turismo, veraneio marítimo, excesso de empreendimentos turísticos e habitacionais e atividades econômicas), vinculado ao conjunto de políticas públicas são indicados como responsáveis pela reorganização da área costeira, haja vista, que tais indicadores promovem a produção de novas formas e processos sócioespaciais na área.

PALAVRAS-CHAVE: Área costeira, Salinópolis, Sistema Informações Geográficas (SIG), Uso e Ocupação do Solo, Planejamento Urbano.

ABSTRACT: This article aims to discuss the disordered use and occupation of the soil in the coastal zone of the State of Pará, Salinópolis,

located in the northeastern Pará mesoregion of the Salted microregion. To this end, it became necessary to establish planning tools that made it possible to analyze and verify the impact of human occupation on the coastal area. In this sense, the use of the geographic information system (GIS), allowed to integrate field data, remote sensor products and spatial analysis in the environmental monitoring. The analysis focuses on the performance of the main agents considered as inducers of the disordered occupation of the coastal area of the paraense coast. The results show the advancement of land occupation in the coastal area of the municipality has been increasing significantly over the years. Due to the expansion of tourism, excessive tourist and housing developments, maritime summer, economic activities that have greatly contributed to the intensification of forms of use and appropriation of coastal space. Unordered growth, environmental impacts are some of the specific issues of the advancement of the coastal area of Salinópolis. In the coastal area of the municipality of Salinópolis, the space of this study, the performance of such inducers of disordered occupation (tourism, maritime summer, excessive tourist and housing developments and economic activities), linked to the set of public policies are indicated as responsible for the reorganization. It is clear from the coastal area that such indicators promote the production of new forms and socio-spatial processes in the area.

KEYWORDS: Coastal area, Salinópolis, Geographic Information System (GIS), Land Use and Occupation, Urban Planning.

INTRODUÇÃO

O município de Salinópolis é banhado pelo oceano atlântico, a paisagem é formada por praias, rios, furos, igarapés, mangues e dunas. A área costeira é frágil e imprópria para ocupações urbanas desordenadas do meio físico, pois podem provocar danos ambientais nessas zonas vulneráveis, especialmente, dunas, mangues, lagos e outras Áreas de Preservação Permanente (APP) que formam a costa de Salinópolis.

O crescimento acelerado do turismo aliado aos grandes empreendimentos em áreas litorâneas vem provocando a degradação dos recursos naturais, como a escassez da água, que é considerada uma das questões mais prementes do século XXI, e o uso e ocupação antropogênica do solo em áreas de dunas, acarretando a degradação da paisagem. Além desta intrigante situação, o uso inadequado do solo, a exploração dos recursos naturais, e as ocupações irregulares, estão entre os fatores que mais contribuem para o agravamento de conflitos, reclamando a adoção de um modelo de gestão que integre a sociedade e o Estado, com vistas a mitigar o uso inadequado da área.

Neste contexto, a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que são sistemas de computadores usados para capturar, armazenar, gerenciar, analisar e apresentar informações geográficas foi necessária para o estudo e

monitoramento de eventos no espaço. Dessa forma, a utilização de SIG possibilitou realizar análises espaciais complexas, pois permitiu integração de dados de diversas fontes, manipulação de grande volume de dados e recuperação rápida de informações armazenadas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Neste aspecto, observou-se, a importância da inserção da questão ambiental em todos os segmentos da sociedade, para que se façam cumprir as políticas de proteção ao meio ambiente, bem como a implantação, pelos órgãos competentes, de medidas que visem ao controle e à fiscalização de atividades que acarretem prejuízos ao espaço natural.

Por isso, este artigo pretendeu analisar o uso e ocupação do solo na área costeira do município de Salinópolis (PA), utilizando ferramentas de geoprocessamento e com isso inter-relacionou bancos de dados cartográficos, imagens digitais de satélites e observações em campo, para realização de análises do uso e ocupação do solo, no município de Salinópolis, Pará, Brasil.

A análise física e ambiental do ecossistema, dunas e lagos, significaram preconizar a importância grandiosa quando se tem consciência dos usos inadequados e não planejados destes ecossistemas, visto que a análise da área pesquisada pode constatar alterações na topografia local provocadas pela compartimentação do solo pela especulação imobiliária.

Assim sendo, este artigo se justifica pela necessidade de novos estudos, por não haver na revisão bibliográfica analisada instrumentos desta natureza, fato este que vem favorecendo a exploração dos recursos naturais, uma vez que esta área tem se tornado objeto de exploração sem a devida observação das leis ambientais. Analisou-se o uso e ocupação do solo na área costeira do município de Salinópolis (PA), utilizando ferramentas de geoprocessamento, identificou-se se os principais usos do solo na área costeira de Salinópolis, georreferenciou-se pontos estratégicos de riscos ambientais, analisou-se a ocupação desordenada do meio físico e suas consequências ambientais.

O município de Salinópolis é um importante polo turístico da região do salgado Paraense. Neste sentido, se fez necessário uma caracterização dos problemas ambientais que vem ocorrendo neste ecossistema frágil. Diante disso, o uso de geoprocessamento permitiu integrar bases de dados cartográficos, ambientais juntamente com imagens de satélites propiciando uma análise conjunta dos aspectos geoambientais. Tal artigo servirá de base para possíveis medidas do poder público em relação aos impactos ambientais que essa região vem sofrendo ao longo do tempo pela ação indiscriminada do homem.

Na zona costeira do estado do Pará, a cidade de Salinópolis é alvo de investimentos destinados ao incentivo da atividade turística e de apoio ao veraneio marítimo, esta cidade expressa em seu espaço urbano o avanço da urbanização

induzida por estas ações.

Neste artigo temos as transformações decorrentes do avanço da ocupação desordenada da área litorânea de Salinópolis, o qual está associado ao desenvolvimento do turismo, veraneio marítimo, empreendimentos turísticos e habitacionais e atividades econômicas. Nesta pesquisa, buscou-se apontar as formas e contradições espaciais produzidas na área em questão, as quais equivalem a processos como o crescimento desordenado como avanço de formas ocupações sobre áreas de proteção ambiental (ocupações espontâneas, conjuntos habitacionais horizontais e prédios para fins de veraneio, barracas comerciais e infraestruturas turísticas), expansão de residências de veraneio.

Na área litorânea foram observadas graves agressões ambientais aos ecossistemas costeiros (praias, dunas e manguezais), promovido pelo avanço das ocupações urbanas (hotéis, pousadas, condomínio verticais e horizontais, casebres, barracas) sobre estes ambientes litorâneos; e na privação do uso dos espaços criados para subsidiar a atividade turística e veraneio marítimo. Sendo visto, como retorno econômico para o município de Salinópolis.

O município de Salinópolis sofre com a deficiência das políticas de ordenamento do espaço urbano voltada para a reprodução da cidade como realização do valor de troca, ou seja, voltadas para subsidiar a reprodução do capital. Por isso, se faz necessário a instauração de políticas públicas compatíveis com a realidade sócio espacial do município, considerando em suas ações as particularidades sócioespaciais (ambientais e sociais) dos espaços litorâneos, permitindo um retorno em infraestrutura para a população.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O município de Salinópolis pertence à mesorregião Nordeste Paraense e a microrregião do salgado. Segundo IBGE (2014), possui uma população 38.819 habitantes, área de unidade territorial 237,7338 km², densidade demográfica 157,40 hab/km² (Figura 1).

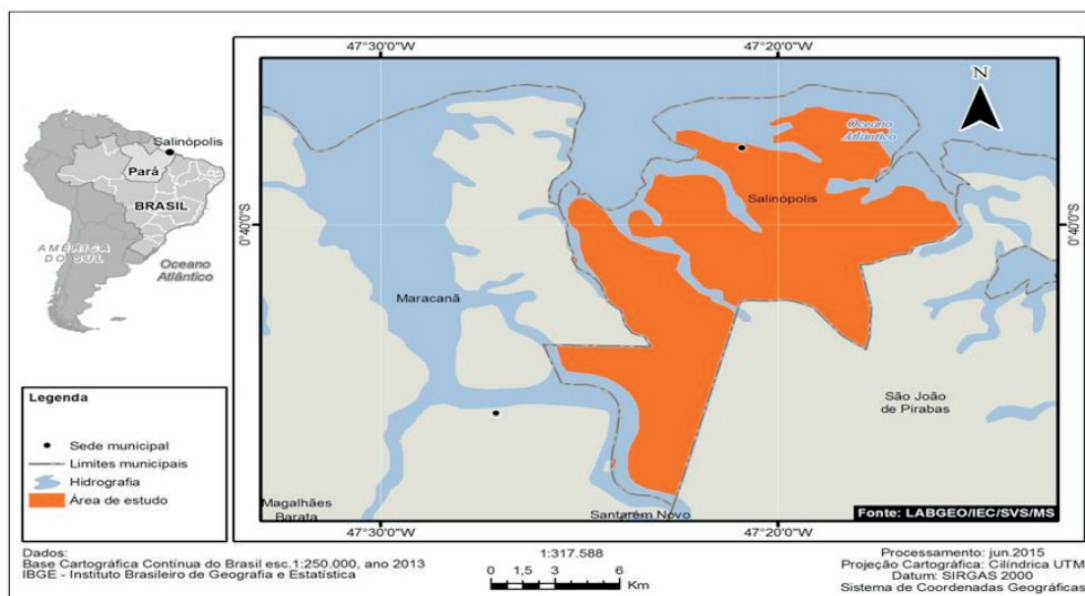


Figura 1: Localização da área de estudo.

Fonte: Autores, 2015.

Coleta de dados

A coleta de dados foi efetuada, por meio do georreferenciamento, com o auxílio do equipamento receptor do Sistema de Posicionamento Global (GPS). Com a coleta de coordenadas, pontos estratégicos dos fatores de riscos ambientais, foram utilizados para análises, tais como: lançamento de esgotos, depósitos de lixo, manguezais, corpos d'água, empreendimentos imobiliários, comércios, hotéis e outros correlatos. Outros dados importantes são imagens digitais de satélites adquiridas gratuitamente no site do serviço geológico americano (USGS), as bases cartográficas no site do Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE), anotações de campo, pesquisa de campo, além do material bibliográfico que será utilizado em fontes como livros, revistas, artigos técnicos e rede mundial de computadores.

PROCESSAMENTO DOS DADOS

O processamento dos dados de produtos cartográficos, são gerados em ambiente computacional como, *software ArcGIS 10.1* que foi disponibilizado pela Faculdade Estácio de Belém – IESAM. Na sequência, realizou-se análise temática das informações e o processamento digital das imagens digitais de satélites. A integração dos dados ocorreu com a coleta de dados em campo através de imagens de satélite e geração de produtos cartográficos.

RESULTADOS

Nas últimas décadas a zona costeira tem sofrido profundas alterações, decorrentes do incremento populacional. Essa crescente descaracterização se

deve em razão da ocupação desordenada, impulsionada por diversos fatores, com destaque para: elevação da densidade demográfica, urbanização, industrialização, transporte marítimo, atividade turística e principalmente, pelo desrespeito à legislação ambiental vigente e à diversidade e sustentabilidade ambiental, a população continua crescendo, assim como a problemática do uso e ocupação desordenada dessas áreas, resultando em crescentes e severas alterações ambientais, em muitos casos, de proporções irreversíveis, o lago da coca-cola, símbolo da pressão humana em salinópolis (figura 2).



Figura 2: Lago da coca-cola.

Fonte: Autores, 2015.

O descarte sem tratamento de efluentes, tanto de origem industrial quanto doméstica, tem ocasionado sério comprometimento da balneabilidade das praias, principalmente daquelas próximas a centros urbanos. Além dos resíduos sólidos de origem local, existem ainda aqueles lançados ao mar pelos navios e os de origem exógenos transportados pelos rios (figura 3).



Figura 3: Lançamento de efluentes sem tratamento nas proximidades do lago da Coca-cola.

Fonte: Autores, 2015.

Outros pontos críticos do processo de ocupação e uso que merecem destaque são: Especulação imobiliária; Mineração com retirada de areia das praias e dunas; O crescimento explosivo e desordenado do turismo sem qualquer planejamento ambiental e investimentos em infraestrutura como, por exemplo, saneamento básico.

MAPA DO RELEVO

O sensoriamento remoto é indispensável aos estudos envolvendo o relevo, conforme a figura 4. Neste sentido, foi possível a análise desta imagem, que mostra as áreas de baixo e de alto relevo da área costeira do município estudado. As áreas de baixo relevo (cor escura na imagem) são caracterizadas como, áreas mais suscetíveis à degradação ambiental por conta da qualidade do solo, porosidade e padrões de ocupação antrópica. Por outro lado, áreas de alta elevação (cor branca na imagem) possuem terrenos de terra firme, apropriados para construção civil e outras formas de ocupação.

Por meio do mapa de relevo, percebeu-se que através da intensa ocupação humana, a natureza acaba sendo modificada incessantemente, não tendo tempo para sua regeneração.

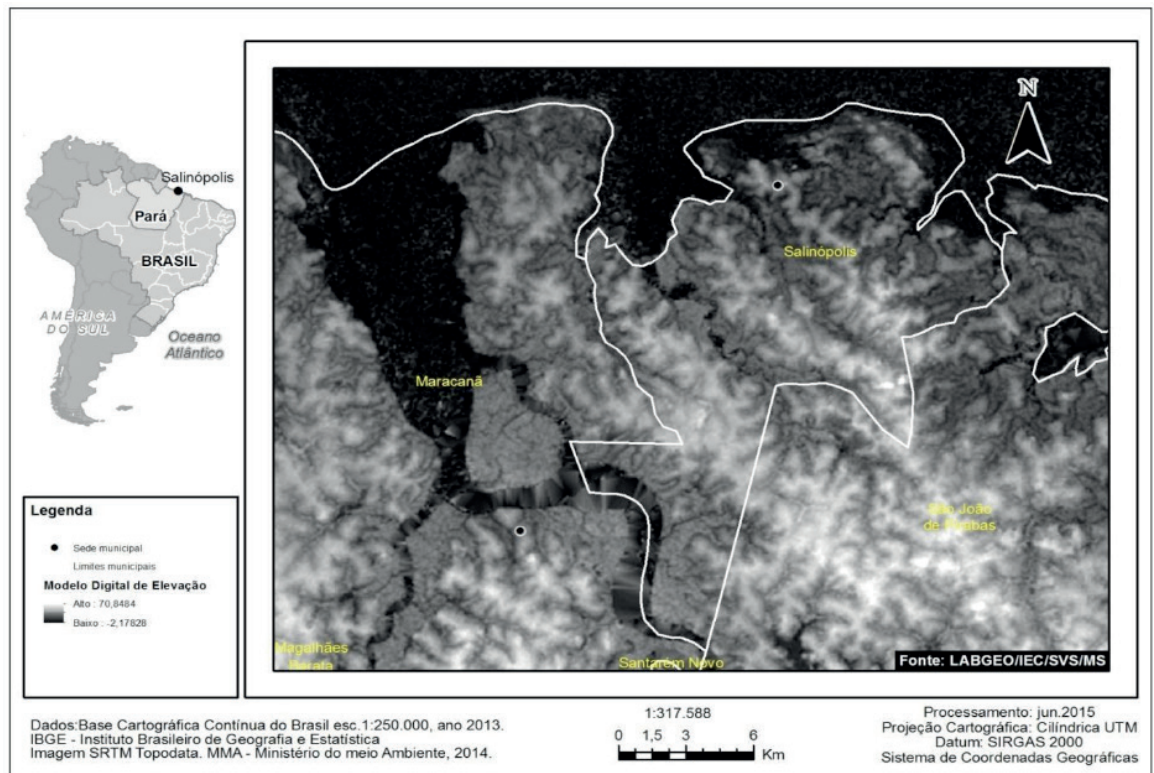


Figura 4: Imagem SRTM/NASA evidenciando o relevo na área de estudo.

Fonte: Autores, 2015.

MAPA DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE EMPREENDIMENTOS E GEOAMBIENTES

Os procedimentos iniciais da análise incluem o conjunto de métodos genéricos de análise exploratória e a visualização de dados, em geral através de mapas. Essas técnicas permitem descrever a distribuição das variáveis de estudo, identificar observações atípicas, não só em relação ao tipo de distribuição, mas também em relação aos vizinhos, e buscar a existência de padrões na distribuição espacial. Por meio desses procedimentos é possível estabelecer hipóteses sobre as observações. O mapa de distribuição dos pontos da área de estudo (figura 5), foi gerado a partir do georreferenciamento dos dados coletados em campo. Este mapa tem como objetivo a distribuição espacial dos empreendimentos e outros geoambientes presentes na orla de Salinópolis (PA).

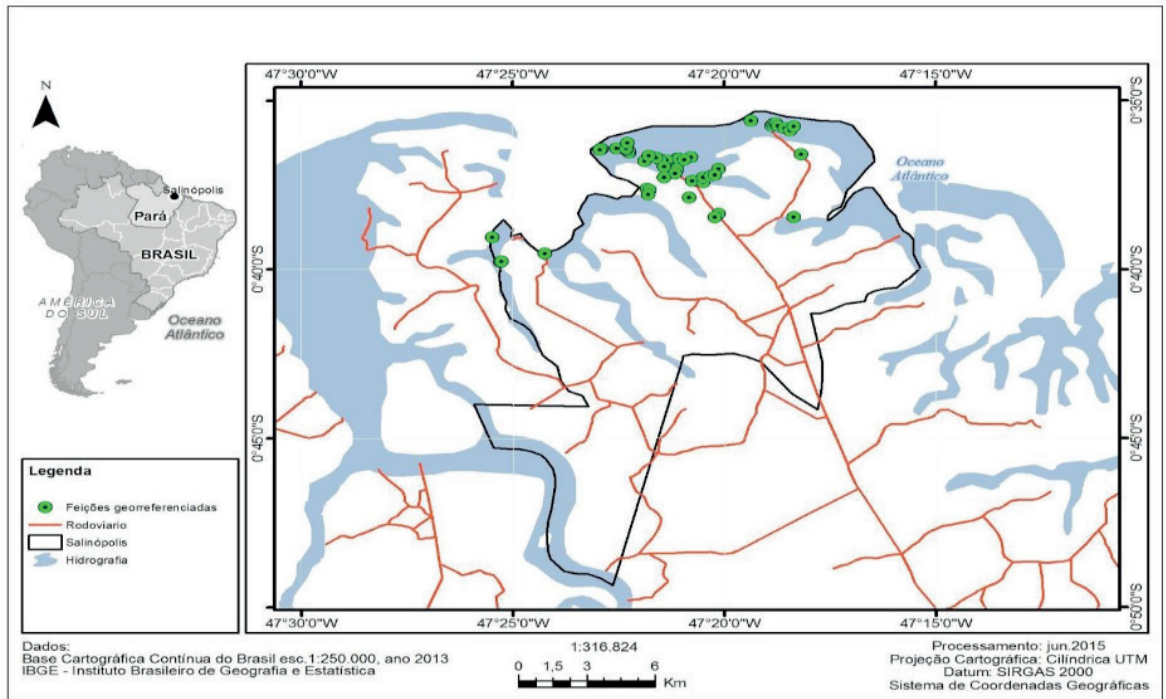


Figura 5: Localização da distribuição espacial de empreendimentos e de geoambientes em Salinópolis (PA).

Fonte: Autores, 2015.

MAPA DE KERNEL

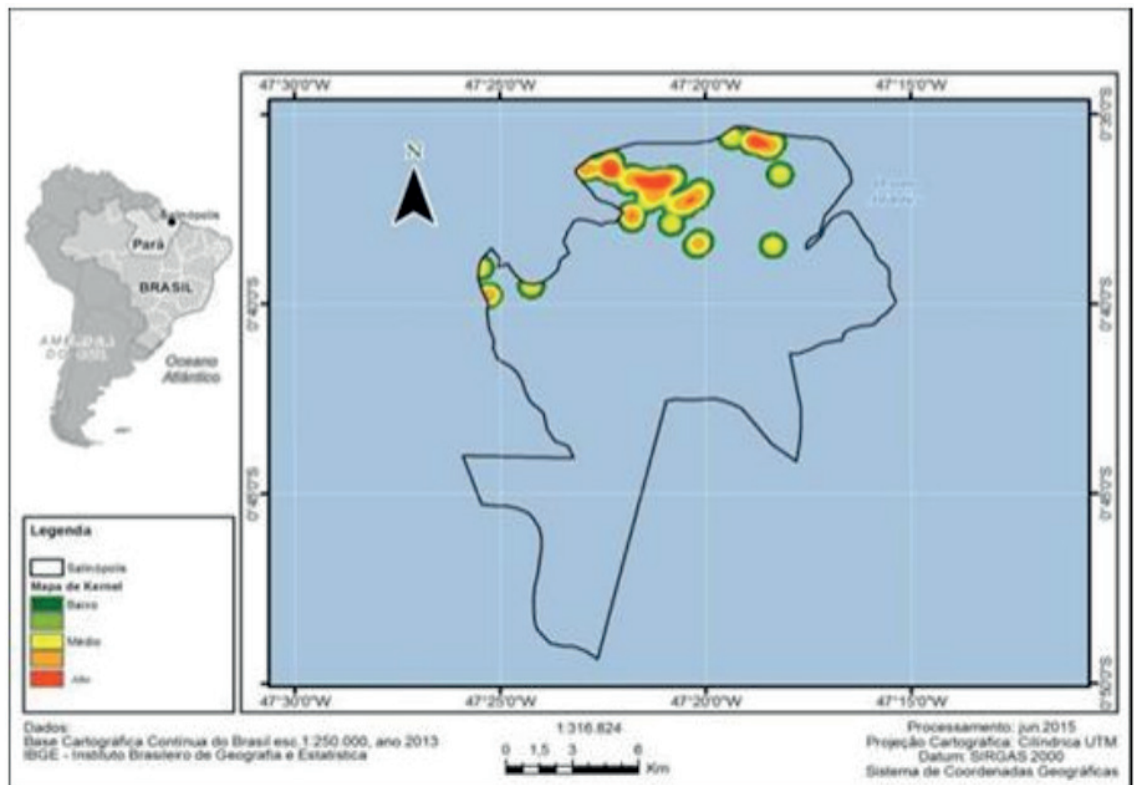


Figura 6: Estimador de densidade de Kernel - áreas em vermelho mais suscetível a degradação ambiental.

Fonte: Autores, 2015.

Para obter o mapa das áreas de risco do município de Salinópolis, optou-se pelo estimador de intensidade Kernel (figura 6), por este ser um método muito útil, de fácil uso e interpretação para o conhecimento da distribuição de eventos de primeira ordem. Esse estimador realiza uma contagem de todos os pontos dentro de uma região de influência, ponderando-os pela distância de cada um à localização de interesse. Assim, verifica-se que as áreas de coloração vermelha, representam o maior risco de impacto ambiental. Já as áreas na cor verde representam áreas de menor risco para impactos ambientais, enquanto que, nas áreas amarelas o risco de impactos ambientais é mediano.

CONCLUSÃO

Com a análise efetuada, no município de Salinópolis, localizada no Estado do Pará. Foi possível compreender que os impactos ambientais causados na área costeira do município, como a compactação do solo, águas subterrâneas contaminadas, impermeabilização do solo, pontos de despejos de resíduos sólidos inadequados e redução das áreas de preservação ambiental, são causados, diretamente, por conta da ocupação desordenada do solo nessa área.

A falta de infraestrutura e saneamento básico causam diversos problemas como a contaminação da água consumida pela população, que hoje apresenta grande potencial de proliferação de doenças de veiculação hídrica.

Com base em todo esse estudo de impactos ambientais, foi possível constatar que área analisada necessita de planejamento, para as ocupações e construções que estão crescendo na área costeira, além de fiscalização e controle dos impactos ambientais.

Dessa forma, o poder público nas três esferas, o setor privado e a sociedade civil organizada precisam ofertar melhores condições de infraestrutura para seus visitantes, com áreas ambientais preservadas e de visitação ao público, além de garantir aos moradores melhores condições de vida à população local e visitante.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, Adriano Andrei de. **Fundamentação Teórica para Processamento Digital de Imagens**. Departamento de Ciência da Computação - Universidade Federal de Lavras - Lavras - MG, 2003.

CROSTA, Álvaro Penteadó - **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Ed. Rev. -Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1993.

DASHEFSKY, H. Steven **Dicionário de Ciência Ambiental - Guia de A a Z**. São Paulo, Gaia, Tradução Álvaro Martins, 1997, 313 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS). **Abordagens Espaciais na Saúde Pública**. 136 p.: il. – (Série B. Textos Básicos de Saúde) (Série Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde; 1).

Brasília-DF. 2006.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Cidades@**; 2014. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=150620>>. Acessado em: 18 dez. 2015.

Pearson Prentice Hall, **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2. ed. São Paulo, 2005.

INFLUÊNCIA DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS NAS DOENÇAS RESPIRATÓRIAS EM CENTROS URBANOS

Data de aceite: 06/01/2020

David Silveira Monteiro

Universidade Estácio de Sá
Niterói - Rio de Janeiro

Raquel Lima Oliveira

Universidade Estácio de Sá
Niterói - Rio de Janeiro

Fernando Periard Gurgel do Amaral

Universidade Estácio de Sá
Niterói - Rio de Janeiro

RESUMO: O aumento da poluição atmosférica como consequência de uma quantidade cada vez maior de emissões poluidoras de origem antropogênica, causa danos ambientais à flora, à fauna, aos recursos hídricos e ao solo; e principalmente, ao próprio homem. Este estudo ecológico epidemiológico destina-se verificar a possível correlação entre as variações da concentração de poluentes atmosféricos e as internações hospitalares por doenças do aparelho respiratório de crianças com idades entre 0 e 14 anos no ambiente urbano da cidade de Niterói - RJ. A variável internações foi classificada como dependente em relação às variáveis meteorológicas e de poluentes, e estas classificadas como independentes na análise estatística sobre o efeito dose-resposta. Foi verificada uma correlação positiva

e significativa entre as partículas inaláveis ($<2,5\mu\text{m}$) e a quantidade de internações (correlação de Pearson 0,411, significativa a 1%) porém não foi verificada correlação significativa estatisticamente do ozônio com a quantidade de internações (0,178 sem descartar a hipótese nula). Especificamente em 2014, foi verificada correlação positiva entre as internações e as partículas inaláveis ($<10\mu\text{m}$). Observou-se a sinergia entre os poluentes atmosféricos e os fatores meteorológicos em dois dias de concentração máxima anual de poluentes. Porém, como os dados de internações foram totais mensais e não admissões diárias, não foi possível verificar se existe correlação à exposição aguda. Foi constatado que mesmo em níveis de concentração mensal abaixo dos níveis de risco para a população preconizados pela legislação atual, existe a influência deletéria das partículas inaláveis sobre a saúde humana, de forma crônica e sazonal.

PALAVRAS-CHAVE: Poluentes atmosféricos; Doenças respiratórias; Internações; Meteorologia.

INFLUENCE OF ATMOSPHERIC POLLUTANTS ON RESPIRATORY DISEASES IN URBAN CENTERS

ABSTRACT: Increased air pollution as a consequence of an increasing amount of

pollutant emissions from anthropogenic origin causes environmental damage to flora, fauna, water resources and soil; and especially to man himself. This epidemiological ecological study aims to verify the possible correlation between variations in air pollutant concentration and hospitalizations for respiratory diseases of children aged 0 to 14 years in the urban environment of Niterói - RJ. The admissions variable was classified as dependent on the weather and pollutant variables, and these were classified as independent in the statistical analysis of the dose-response effect. There was a positive and significant correlation between inhalable particles ($<2.5\mu\text{m}$) and the number of hospitalizations (Pearson correlation 0.411, significant at 1%) but no statistically significant correlation between ozone and the number of hospitalizations (0.178 without discard the null hypothesis). Specifically in 2014, a positive correlation was found between hospitalizations and inhalable particles ($<10\mu\text{m}$). The synergy between air pollutants and meteorological factors was observed in two days of annual maximum pollutant concentration. However, as the hospitalization data were monthly totals and not daily admissions, it was not possible to verify if there is a correlation with acute exposure. It was found that even at monthly concentration levels below the risk levels for the population recommended by current legislation, there is the deleterious influence of inhalable particles on human health, chronic and seasonal

KEYWORDS: Air pollutants; Respiratory diseases; Hospitalizations; Meteorology.

INTRODUÇÃO

O Homem, enquanto ser consciente de seus atos e potencial criativo, depara-se atualmente com as consequências óbvias de suas ações em relação ao meio em que vive e aos organismos que se inter-relaciona: morbidades casuais, crônicas, diminuição da qualidade de vida e aumento na quantidade de óbitos.

Porém estas são apenas consequências; tornou-se imperativa uma reavaliação do modo de vida humano, a mensuração de sua pegada ecológica e o devido tratamento ao meio em que está inserido, de modo a harmonizar-se com ele, sendo participante dos ciclos e ciclagens naturais.

O estudo consiste na caracterização do município de Niterói, região alvo escolhida; análise da quantidade de internações por doenças do aparelho respiratório (DAR), verificação de sazonalidades, números totais mensais e em relação a outros motivos de internação da população. Consiste ainda na verificação de correlação entre os agentes poluidores, agentes atmosféricos e as internações por doenças do aparelho respiratório, sendo esta a variável resposta na aplicação do modelo estatístico.

A determinação da influência dos poluentes atmosféricos sobre internações por doenças respiratórias da população infantil, pode contribuir para uma revisão dos atuais parâmetros de qualidade do ar e contribuir também para tomada de decisão com vistas a minimizar as internações sazonais por adoecimento infantil.

METODOLOGIA UTILIZADA

Os dados sobre as internações por Doenças do Aparelho Respiratório (DAR) foram coletados no sítio do Departamento de Informática do Sistema Único do Brasil (DATASUS). Foram obtidos através de informações de saúde, epidemiológicas e morbidade. A morbidade foi relacionada por local de residência na tentativa de caracterizar melhor a população local impactada.

Os dados de poluentes atmosféricos foram solicitados através de ofício protocolado ao INEA, órgão responsável pelo monitoramento da qualidade do ar no Estado do Rio de Janeiro.

A faixa etária escolhida é um dos grupos mais suscetíveis indicado pela literatura, os menores de 14 anos. Verifica-se pelo gráfico da fig. 1, a distribuição de internações por DAR do ano de 2008 a 2015, período máximo disponibilizado pelo DATASUS para este tipo de consulta.

Assim como Postill e Knorstiv (2007), no estudo e sobre fatores de risco para internação de crianças por doença respiratória, a utilização da ferramenta estatística Análise de Regressão, pode sugerir inferências sobre a relação entre duas ou mais variáveis relacionadas de maneira não determinística. (DEVORE,2014)

Há situações em que o objetivo da análise de duas ou mais variáveis é verificar o quão elas estão relacionadas e não necessariamente para predizer o valor de uma em função das demais. Nesse caso é utilizada a Matriz de Correlação de Pearson. (DEVORE,2014)

Utilizou-se o cálculo de regressão com 6 (seis) variáveis consideradas independentes: temperatura, umidade relativa do ar, velocidade escalar do vento, direção escalar do vento, ozônio e partículas inaláveis, e a variável internações como sendo a variável resposta.

Como a disponibilidade de dados é maior para o período de 2013 a 2015, optou-se por este período como faixa temporal. A disponibilidade de dados do DATASUS é através de uma variável discreta do total consolidado de internações mensais, não sendo informado por admissões diárias.

RESULTADOS OBTIDOS

O total de internações no período de 2008 a 2015 foi de 99.310. Como 8.145 internações correspondem a DAR, esse tipo de internação é o quinto maior motivo. Com relação às internações é necessário pontuar que a quantidade de internações é mensurada através da Autorização de Internação Hospitalar (AIH) por ano e mês de processamento, ou seja, corresponde geralmente ao mês de alta hospitalar e não necessariamente ao mesmo mês de exposição. (DATASUS, 2016)

Dois estudos, um da Associação Americana do Coração (AHA, 2010) e outro

publicado no Jornal Americano de Epidemiologia (DOMINICI et al, 2001) informam que os efeitos da exposição ao material particulado MP2,5 podem ser aferidos de 14 dias a até dois meses após a exposição.

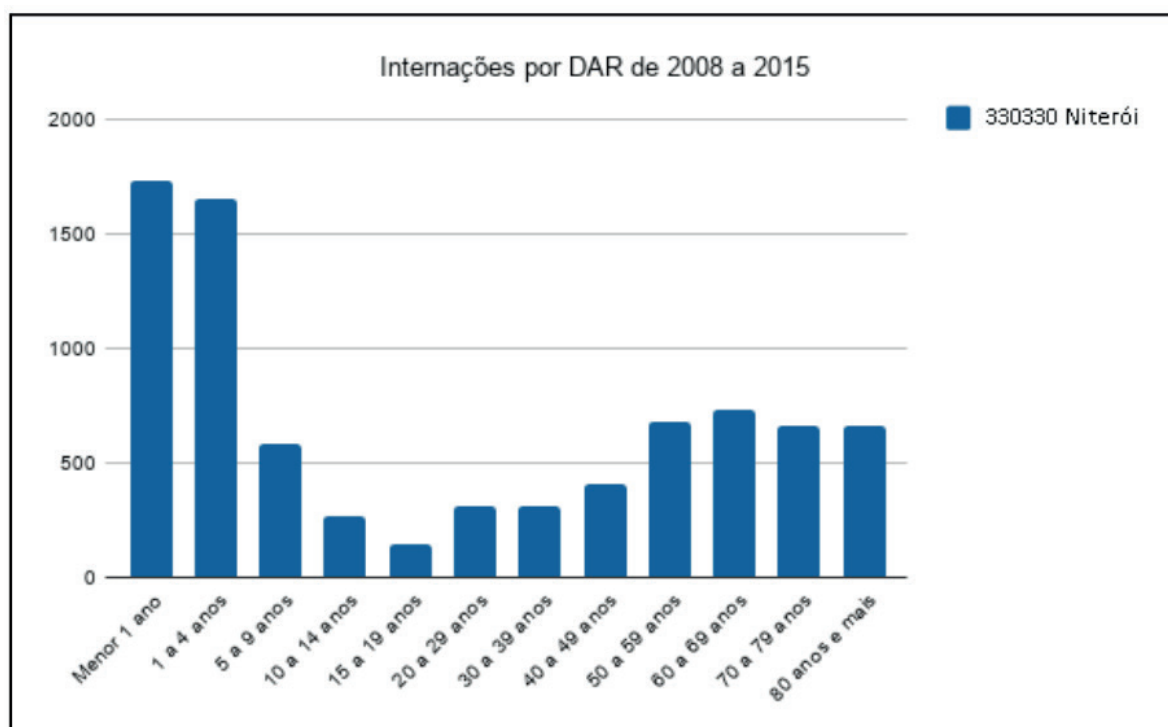


Figura 1: Internações por DAR de 2008 a 2015.

Em estudo sobre material particulado, Jacobson (2002) informa que o MP2,5 pode permanecer no ar por dias ou semanas. Estudando internações por doenças respiratórias em pacientes do SUS no Rio Grande do Sul, Godoy et al (2001) concluíram que a duração de internação por doença respiratória é de 10,4 dias, superior a outros motivos de internação que é de 7,7 dias.

Dessa forma foi elaborada a tabela 1 com uma defasagem de até 30 (trinta) dias entre a exposição aos poluentes e a alta hospitalar.

Mês de exposição 2013 a 2015	Ozônio (ppb)**	Partículas Inaláveis (<2,5 µm)**	Velocidade Escalar do Vento (m/s)**	Umidade Relativa (%)**	temperatura (C°)**	Direção Escalar do Vento (°)**	Internações por DAR 2013 a 2015*	Mês de resposta a exposição***
janeiro	14,5	8,4	0,57	75,03	25,69	162,26	19	fevereiro
fevereiro	20,26	15,75	0,68	69,28	27,62	153,34	28	março
março	6,78	19	0,65	76,55	25,67	166,44	11	abril
abril	8,67	23	0,67	73,89	23,74	144,72	82	maio
maio	10,17	16	0,68	73,36	22,51	176,75	26	junho
junho	10,41	13	0,37	77,7	22,18	125,82	54	julho
julho	10,32	14,25	0,41	74,8	20,51	202,23	46	agosto
agosto	16,14	20,83	0,48	69,54	21,76	180,45	28	setembro
setembro	17,15	7,6	0,44	67,87	23,26	156,56	39	outubro

outubro	20,99	8,6	0,46	70,86	23,28	183,19	32	novembro
novembro	17,87	7,6	0,44	72,55	24,41	176,91	11	dezembro
dezembro	17,32	9,6	0,47	74,09	25,96	179,61	20	janeiro
janeiro	11,69	21,79	0,53	60,44	29,36	160,6	27	fevereiro
fevereiro	15,67	15,86	0,51	57,87	28,71	162,78	24	março
março	19,5	16,26	0,42	67,51	26,86	157,28	27	abril
abril	11,13	15,21	0,4	73,86	24,01	172,28	61	maio
maio	21,42	18,21	0,33	74,7	22,71	146,12	59	junho
junho	16,8	18,74	0,26	77,71	21,73	123,22	46	julho
julho	12,96	17,78	0,27	75,52	20,61	147,98	40	agosto
agosto	11,41	17,92	0,35	69,35	21,12	130,41	40	setembro
setembro	16,65	18,06	0,42	65,97	23,34	161,65	40	outubro
outubro	17,66	20,8	0,48	66,53	23,87	180,35	26	novembro
novembro	7,33	12,01	0,45	69,27	25	206,96	18	dezembro
dezembro	12	7,56	0,47	64,53	27,58	177,04	28	janeiro
janeiro	13,96	8,4	0,48	62,37	29,25	168,77	24	fevereiro
fevereiro	17,12	15,75	0,42	65,52	28,02	149,8	24	março
março	15,54	19	0,34	75,3	26,04	158,93	55	abril
abril	17,48	23	0,35	73,74	24,67	167,74	52	maio
maio	11,08	16	0,28	74,93	22,67	130,09	58	junho
junho	10,01	13	0,2	76,92	20,7	127,8	42	julho
julho	9,97	14,25	0,22	73,47	22,39	129,5	40	agosto
agosto	16,12	20,83	0,35	63,01	23,26	141	34	setembro
setembro	17,21	7,6	0,32	76,49	23,56	169,45	33	outubro
outubro	19,5	8,6	0,4	71,24	25,04	176,74	24	novembro
novembro	16,85	7,6	0,36	82,03	25,34	199,55	37	dezembro
dezembro	18,36	8	0,35	75,82	27,62	169,26	20	janeiro

Tabela 1: Poluentes Atmosféricos, Fatores Meteorológicos e Internações por DAR

*Valor Total Mensal **Média Mensal *** Considerada defasagem de 30 dias

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Verifica-se no gráfico da figura 1 que na região de Niterói, os grupos mais suscetíveis a internação por doença respiratória é composto pelos menores de 9 anos e maiores de 50 anos. Em números absolutos, a maior quantidade de internações é de crianças menores de 4 anos.

Estatística de regressão					
R múltiplo	0,6530				
R-Quadrado	0,4264				
R-quadrado ajustado	0,3077				
Erro padrão	12,9865				
Observações	36,0000				
ANOVA					
	GL	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	6,0000	3635,9196	605,9866	3,5932	0,0087
Resíduo	29,0000	4890,8304	168,6493		
Total	35,0000	8526,7500			
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores
Interseção	19,4102	59,7998	0,3246	0,7478	-102,8942
Ozônio (ppb)	-0,1450	0,5855	-0,2477	0,8061	-1,3424
Partículas inaláveis (<2,5µm)	1,1069	0,5069	2,1837	0,0372	0,0702
Velocidade Escalar do Vento (m/s)	-14,7781	22,5281	-0,6560	0,5170	-60,8532
Umidade Relativa (%)	0,7518	0,4923	1,5271	0,1376	-0,2551
Temperatura (C°)	-0,8575	1,1730	-0,7311	0,4706	-3,2565

Tabela 2: Regressão Internações como variável explanatória

Foi realizada uma análise estatística através da regressão linear múltipla, gerando os resultados constantes na tabela 2.

Verifica-se através do resultado R^2 ajustado a proporção de até 30% de correspondência entre as variáveis consideradas independentes e a variável resposta internações.

Foi construída a Matriz de Correlação de Pearson, tabela 3, com a finalidade de verificar-se a correlação entre as variáveis envolvidas.

		Internações por DAR 2013 a 2015	Ozônio (ppb)**	Partículas Inaláveis (<2,5 µm)**	Velocidade Escalar do Vento (m/s)**	Umidade Relativa (%)**	temperatura (C°)**	Direção Escalar do Vento (°)**
Internações por DAR 2013 a 2015	Correlação de Pearson	1	-0,178	0,411*	-0,299	0,326	-0,451**	-0,431**
	Sig. (bilateral)		0,3	0,013	0,077	0,052	0,006	0,009
Ozônio (ppb)**	Correlação de Pearson	-0,178	1	-0,184	-0,097	-0,127	0,22	0,105
	Sig. (bilateral)	0,3		0,282	0,574	0,459	0,197	0,542
Partículas Inaláveis (<2,5 µm)**	Correlação de Pearson	0,411*	-0,184	1	0,08	-0,162	-0,187	-0,343*
	Sig. (bilateral)	0,013	0,282		0,642	0,344	0,276	0,04

Velocidade Escalar do Vento (m/s)**	Correlação de Pearson	-0,299	-0,097	0,08	1	-0,3	0,429**	0,375*
	Sig. (bilateral)	0,077	0,574	0,642		0,076	0,009	0,024
Umidade Relativa (%)**	Correlação de Pearson	0,326	0,-127	-0,162	-0,3	1	-0,507**	-0,06
	Sig. (bilateral)	0,052	0,459	0,344	0,076		0,002	0,73
temperatura (C°)**	Correlação de Pearson	-0,451**	0,22	-0,187	0,429**	-0,507**	1	0,264
	Sig. (bilateral)	0,006	0,197	0,276	0,009	0,002		0,12
Direção Escalar do Vento (°)**	Correlação de Pearson	-0,431**	0,105	-0,343*	0,375	-0,06	0,264	1
	Sig. (bilateral)	0,009	0,542	0,04	0,024	0,73	0,12	

Tabela 3: Matriz de Correlação de Pearson

*A correlação é significativa no nível 0,05 (bilateral)

**A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral)

As partículas inaláveis (<2,5µm) correlacionam-se positivamente às internações em aproximadamente 41% dos casos. Há uma correlação positiva também com a direção escalar do vento. Já o ozônio não está estatisticamente relacionado à nenhuma das variáveis envolvidas, em nível de significância bilateral de 5%.

A quantidade de internações também se encontra relacionada de maneira inversa a temperatura. O valor negativo da correlação (-0,451) indica que quando ocorre uma diminuição no valor da temperatura, pode ocorrer um aumento no valor de internações.

A maior correlação estatisticamente significativa ocorreu entre a temperatura e umidade relativa, de maneira inversa (-0,507).

O gráfico de internações por doenças respiratórias é característico, com picos ocorrendo entre os meses de maio e junho, como pode ser observado no gráfico da figura 2.

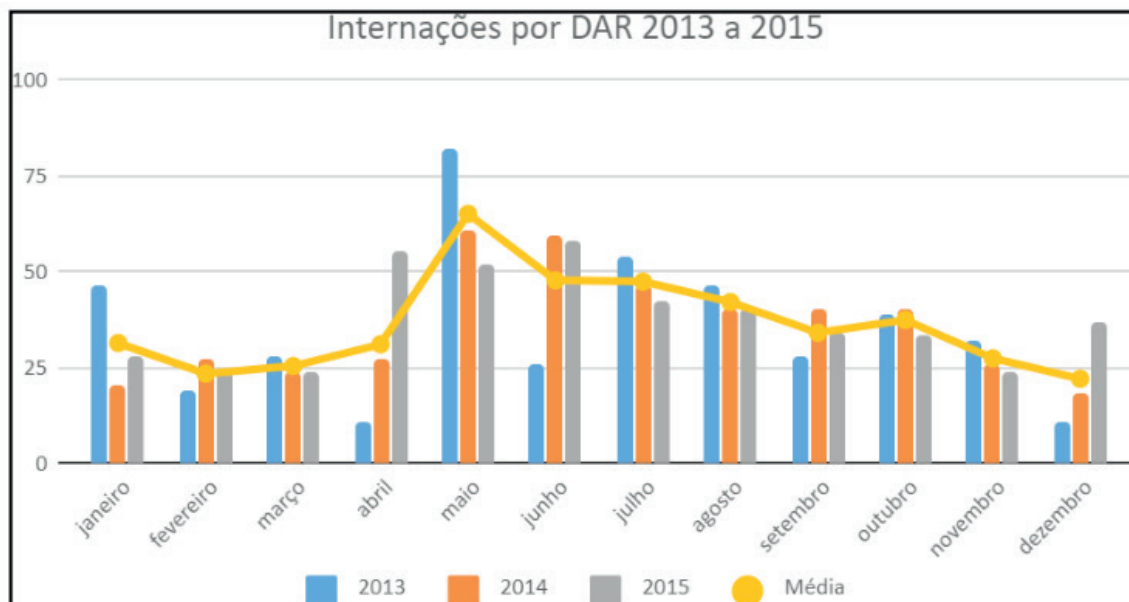


Figura 2: Gráfico de Internações por DAR (2013 a 2015)

Em consonância com estudo de Santos e Toledo Filho (2014) a variável resposta internações é fortemente influenciada pela variável independente temperatura, como pode ser visto nos dados de regressão da tabela 4.

Estatística de regressão					
R múltiplo	0,4507				
R-Quadrado	0,2031				
R-quadrado ajustado	0,1797				
Erro padrão	14,1368				
Observações	36,0000				
ANOVA					
	GL	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	1,0000	1731,9159	1731,9159	8,6662	0,0058
Resíduo	34,0000	6794,8341	199,8481		
Total	35,0000	8526,7500			
	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores
Interseção	104,0391	23,4293	4,4406	0,0001	56,4250
Temperatura (C°)	-2,8071	0,9535	-2,9438	0,0058	-4,7449

Tabela 4: Regressão Internações por Temperatura

O valor do R^2 de 0,2031 bem como o valor-p de 0,0058 confirma tanto a correlação entre as variáveis quanto a significância estatística. O valor de R^2 indica uma correlação em até 20% da amostra.

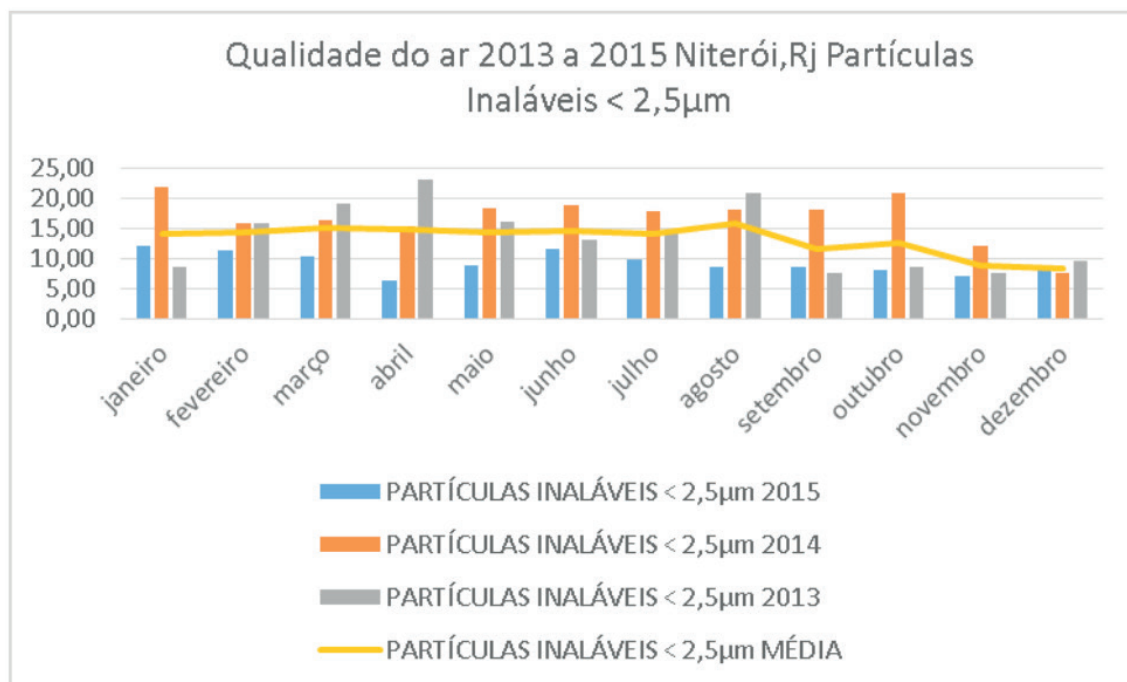


Figura 3: Gráfico Partículas Inaláveis (<2,5µm) 2013 a 2015

Com relação às Partículas Inaláveis (<2,5µm), 2015 foi um ano de baixa concentração em relação aos dois anos anteriores com a distribuição homogênea e de valores significativamente baixos, como pode ser observado no gráfico da figura 3.

Além da distribuição atípica do ozônio no ano de 2014 observou-se que, em relação aos anos de 2015 e 2013, ocorreu a permanência de concentração mais elevada dos valores de partículas inaláveis durante o ano inteiro.

Percebe-se pela regressão entre Internações por DAR e PI (<2,5µm) na tabela 5, a adequação da proposta de defasagem de até 30 dias entre a exposição e a alta hospitalar. A regressão aponta que cerca de 14% das internações podem ser explicadas pela concentração de partículas inaláveis (<2,5µm).

<i>Estatística de regressão</i>					
R múltiplo	0,4113				
R-Quadrado	0,1692				
R-quadrado ajustado	0,1447				
Erro padrão	14,4347				
Observações	36,0000				
ANOVA					
	GL	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	1,0000	1442,4808	1442,4808	6,9230	0,0127
Resíduo	34,0000	7084,2692	208,3609		
Total	35,0000	8526,7500			
	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores

Interseção	16,8968	7,4385	2,2716	0,0296	1,7801
Partículas inaláveis (<2,5µm)**	1,2678	0,4818	2,6312	0,0127	0,2886

Tabela 5: Regressão Internações por DAR e Partículas Inaláveis (<2,5µm)

Não houve coleta de dados de partículas inaláveis (<10µm) no ano de 2013 e os dados informados pelo INEA referente ao material particulado (<10µm) no ano de 2015 apresentam muitas lacunas. Foi realizada uma regressão (tabela 6) entre as internações por DAR e as partículas inaláveis (<10µm) do ano de 2014 obtendo-se uma correlação positiva $R^2 = 0,4877$ significativo estatisticamente para um nível de 10% de probabilidade bivariada.

Estatística de regressão					
R múltiplo	0,6984				
R-Quadrado	0,4878				
R-quadrado ajustado	0,4365				
Erro padrão	10,8227				
Observações	12,0000				
ANOVA					
	GL	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	1,0000	1115,3510	1115,3510	9,5222	0,0115
Resíduo	10,0000	1171,3157	117,1316		
Total	11,0000	2286,6667			
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores
Interseção	-18,0314	17,6799	-1,0199	0,3318	-57,4246
Partículas Inaláveis (<10µm)	1,0167	0,3295	3,0858	0,0115	0,2826

Tabela 6: Regressão Internações por DAR e Partículas Inaláveis (<10µm)

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

As partículas inaláveis (<2,5µm) apresentaram correlação positiva com as internações por DAR no período analisado sendo 41% pela matriz de correlação de Pearson e na regressão o valor de R^2 indica uma explicação em apenas 20% da amostra. Demonstra que, mesmo os valores mensais estando abaixo do valor considerado de risco para a população pela legislação atual, os grupos mais suscetíveis às variações de concentração de partículas continuam sofrendo adoecimento sazonal pela influência do poluente

Ficou evidenciada a sinergia entre os poluentes atmosféricos e os fatores meteorológicos, observada pelos dias em que foram registradas altas concentrações de poluentes. No dia 19 de novembro de 2015, por exemplo, quando ocorreu um valor elevado de temperatura, mudança brusca na direção do vento, queda da umidade

relativa do ar e alterações na velocidade dos ventos foi registrado o maior valor de concentração do ozônio no ano e um dos maiores valores semestrais de partículas inaláveis.

A falta de chuvas na região Sudeste do Brasil, onde está localizado o Estado do Rio de Janeiro, potencializou a sinergia entre as partículas inaláveis ($<10\mu\text{m}$), especificamente, e as variáveis meteorológicas de modo que existiu uma correlação positiva e moderada entre a quantidade de internações no ano e a influência do poluente.

A vulnerabilidade da faixa etária escolhida para o estudo também pode ser constatada no gráfico de internações por DAR de 2008 a 2015 onde é observada uma maior quantidade de internação de menores de 14 anos em números absolutos.

A variável que mais fortemente influenciou a quantidade de internações do período estudado foi a temperatura, sendo esta considerada a variável mais independente entre as variáveis estudadas, pois correlaciona-se com todas sendo fracamente influenciada por alguma das outras variáveis meteorológicas.

Não foi possível pormenorizar os efeitos do ozônio sobre a quantidade de internações pela falta de dados de admissões hospitalares diárias, que poderia ser relacionado aos dias de eventos críticos relacionados neste trabalho. Sugere-se uma atenção redobrada por parte do poder público no período do início do outono, pois conforme revisado neste estudo, coincide com o período de maior quantidade de internações.

Por fim, apesar do efetivo controle e monitoramento dos efluentes atmosféricos tornou-se evidente que um percentual expressivo de internações é influenciado diretamente pelo aumento de concentração de poluentes no ar, mesmo com as médias estando dentro dos padrões de qualidade do CONAMA. Portanto, aconselha-se uma revisão nos atuais parâmetros nacionais e estaduais de qualidade do ar com o objetivo de minimizar as internações sazonais por adoecimento infantil, diminuir custos ao erário público e melhorar a qualidade de vida da população

REFERÊNCIAS

AHA, American Heart Association, **Particulate Matter Air Pollution and Cardiovascular Disease**. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181d8e318> acesso em 25/03/2016

DATASUS. **CID - 10**. 2016. Disponível em: <http://datasus.saude.gov.br/sistemas-e-aplicativos/cadastros-nacionais/cid-10>. Acesso em: 27 maio 2016.

DEVORE, Jay L.. **Probabilidade e Estatística para Engenharia e Ciências**. São Paulo: Cengage Learning, 2014. Tradução da 8ª ed. norte-americana.

DOMINICI, Francesca, et al. **"Airborne particulate matter and mortality: timescale effects in four US cities."** American Journal of Epidemiology 157.12 (2003): 1055-1065.

GODOY, Dagoberto Vanoni de et al . **Doenças respiratórias como causa de internações hospitalares de pacientes do Sistema Único de Saúde num serviço terciário de clínica médica na região nordeste do Rio Grande do Sul.** J. Pneumologia, São Paulo , v. 27, n. 4, p. 193-198, July 2001 . Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-35862001000400005&lng=en&nrm=iso>. access on 10 June 2016.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-35862001000400005>.

JACOBSON, Mark Z. **Control of fossil-fuel particulate black carbon and organic matter, possibly the most effective method of slowing global warming.** Journal of Geophysical Research: Atmospheres, v. 107, n. D19, 2002.

POSTIII, Paulo; KNORSTIV, Marli. **Fatores de risco para internação por doença respiratória aguda em crianças até um ano de idade.** Rev Saúde Pública, v. 41, n. 3, p. 351-8, 2007

SANTOS, Daniel dos; TOLEDO FILHO, Manoel da Rocha. **Estudo sobre a influência de variáveis meteorológicas em internações hospitalares em Maceió-AL, durante o período 1998 a 2006.** Rev. bras. meteorol., São Paulo , v. 29, n. 3, p. 457-467, Sept. 2014 . Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862014000300013&lng=en&nrm=iso>. access on 01 June 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620110324>.

PROPOSTA DE MELHORIA AMBIENTAL PARA UMA FÁBRICA DE GOIABADA

Data de aceite: 06/01/2020

Renato Carvalho Menezes

Instituto Federal de Alagoas – IFAL
Maceió - Alagoas

Márcio Azevedo Rocha

Instituto Federal de Alagoas – IFAL
Palmeira dos Índios - Alagoas

Tadeu Patêlo Barbosa

Instituto Federal de Alagoas – IFAL
Maceió - Alagoas

Áurea Luiza Quixabeira Rosa e Silva Rapôso

Instituto Federal de Alagoas – IFAL
Maceió - Alagoas

Sheyla Karolina Justino Marques

Instituto Federal de Alagoas – IFAL
Palmeira dos Índios - Alagoas

RESUMO: Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de realizar uma análise sobre os aspectos ambientais que envolvem o processo de produção da goiabada, em uma fábrica de alimentos situada na cidade de Arapiraca, no agreste Alagoano. Para nortear este estudo, foi utilizado o guia de design ambiental da Danmarks Tekniske Universitet, que traz uma abordagem em sete passos para obtenção de uma visão geral dos efeitos ambientais relativos à fabricação do produto, além de auxiliar na

criação de soluções e conceitos que levam a melhorias ambientais. O estudo limitou-se a analisar o processo de produção de um único produto da fábrica: a goiabada. Para obtenção dos dados, foram realizadas visitas técnicas de modo a entender como a goiabada é produzida, além da contabilização, juntamente com a equipe de produção, tanto da matéria-prima (goiaba), quanto dos outros insumos, como energia, água e açúcar, além da quantidade total de resíduos sólidos gerados e da observação dos principais impactos ambientais de todo o processo de fabricação. Nesse contexto, foram destacadas as áreas focais, através de gráfico de radar; e foi montado o perfil ambiental e causas raízes para conceituar problema-solução.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, Ecodesign, Perfil Ambiental.

PROPOSED ENVIRONMENTAL IMPROVEMENT FOR A GUAVA PASTE FACTORY

ABSTRACT: This work was developed with the objective of analyzing the environmental aspects that involve the guava paste production process, in a food factory located in Arapiraca city, southeastern Alagoano. For this study, Danmarks Tekniske University's environmental design guide was used, which provides a seven-step approach to examining an overview

of the environmental effects caused by product manufacturing, as well as assisting in creating solutions and concepts that leads to environmental improvements. The study was limited to analyzing the production process of a single factory product: a guava paste. To obtain the data, technical visits were made in order to understand how guava paste is produced, in addition to accounting, together with the production team, both the raw material (guava) and other inputs such as energy, water and sugar, in addition to the total amount of solid waste generated and the observation of the main environmental impacts of the entire manufacturing process. In this context, the focal areas were highlighted through radar graphs; and the environmental profile and root causes were assembled to conceptualize problem-solving.

KEYWORDS: Sustainability, Ecodesign, Environmental Profile

1 | INTRODUÇÃO

A Sustentabilidade é um princípio essencial da atualidade. De maneira geral, a sua definição integra o equilíbrio entre os aspectos econômico, social e ambiental, conceito conhecido como *triple bottom line* (BACHA, SANTOS, SCHAUN, 2010, p. 5).

Em 1987, com a apresentação do Relatório Brundtland, ou Nosso Futuro Comum, foi utilizada pela primeira vez a expressão Desenvolvimento Sustentável como “aquele que atende as necessidades das gerações atuais, sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem às suas necessidades e aspirações” (BOFF, 2012, p.34). Este conceito tornou-se marco na história da Sustentabilidade, sendo adotado amplamente pela literatura específica.

Posteriormente, na Conferência sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, ocorrida no Rio de Janeiro em 1992, foi publicada a Agenda 21, a qual defende que a Sustentabilidade está relacionada à produção mais eficiente no uso de insumos para reduzir, ao mínimo, o esgotamento dos recursos naturais e a poluição (SOUZA; RIBEIRO, 2013).

Por sua natureza, as atividades industriais têm grande potencial poluidor, tendo em vista que seus processos envolvem transformações de matérias-primas, exploração do meio ambiente e geração de subprodutos (mais conhecidos como resíduos) em grandes quantidades, que podem causar impactos negativos no meio ambiente e nos seres vivos (DE LIMA, 2017). Nesse contexto, as empresas devem buscar o equilíbrio entre os aspectos econômico, social e ambiental, adotando diferentes medidas para reduzir o impacto negativo de suas atividades sobre o meio ambiente, através de novas tecnologias e processos gerenciais de sua produção (GUARNIERI, 2011).

A preocupação ambiental é também considerada um fator de lucratividade, tendo aumentado por parte das organizações o interesse em incorporar em suas

estratégias o conceito de Sustentabilidade (HINZ et al., 2006). Para a transformação, de fato, dos problemas ambientais em oportunidades de negócios, faz-se necessário a implementação de modelos de gestão ambiental nas atividades administrativas e operacionais (DE LIMA, 2017). Na visão de Barbieri (2015), gestão ambiental significa qualquer procedimento ou controle operacional e administrativo que apresente efeitos positivos ou que ajude a reduzir qualquer dano ou problemas que são causados pelas atividades humanas ao meio ambiente.

Este estudo foi desenvolvido através da utilização e aplicação do guia de design ambiental da Danmarks Tekniske Universitet (MCALOONE & BEY, s/d), que aborda em sete passos, caminhos para obtenção de uma visão geral dos impactos ambientais relativos à fabricação do produto e auxilia na criação de soluções e conceitos que levam a melhorias ambientais estratégicas. A fábrica escolhida como objeto de estudo foi uma indústria de doces, localizada no município de Arapiraca, em Alagoas. O estabelecimento possui todas as licenças legais de funcionamento exigidas, mas não passou por processos de certificação ambiental ou de qualidade, como por exemplo, ISO.

A variedade utilizada para a fabricação da goiabada é a Paluma, que foi desenvolvida no Brasil, em UNESP/Jaboticabal (EMBRAPA, 2010). Os frutos dessa variedade são adequados para a industrialização, além de que a boa conservação desses frutos pós-colheita favorece a comercialização para o consumo *in natura* (EMBRAPA, 2010).

Para fabricação da goiabada, são utilizadas 60 toneladas de goiaba por semana e 70 toneladas de açúcar. A fábrica utiliza água de poço, possuindo 2 poços com vazão de 8 mil litros por hora com outorgas da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH) e consome aproximadamente 40.000 litros de água por dia e consome em média 6.000 kW de energia por mês. Toda a goiaba, utilizada no processo produtivo da fábrica, vem da cidade de Petrolina/PE, e segue os padrões exigidos pelo Ministério da Agricultura. Na produção são utilizados fertilizantes, comum às produções em grande escala, de acordo com os limites estabelecidos pelas normas vigentes.

De acordo com os responsáveis pela fábrica, com essas 60 toneladas de goiaba é possível produzir 30 toneladas de goiabada ao final do processo. Estima-se que das 60 toneladas de goiaba, 10% (6 toneladas) correspondem as cascas e sementes que são retiradas no processo de despulpamento e que 1% (600 kg) são folhas ou resíduos que vem nas goiabas. O restante do peso se perde durante o processo de evaporação.

As sementes resultantes do processo de despulpamento são doadas para suinocultura (criadores de porcos) da região para utilizarem na alimentação desses animais, pois é rica em potássio e antioxidantes. Segundo os responsáveis pela

fábrica, já foi pensado em utilizar os subprodutos das sementes para outras finalidades, como por exemplo, a extração do óleo das sementes para utilização em perfumes e produtos cosméticos; mas, no presente momento, não é o foco da empresa. As cascas e folhas servem de adubo para plantação de 6 hectares de eucalipto e o restante é descartado como lixo comum.

Ao final da produção, as goiabadas são acondicionadas em embalagens com 250 g e transportadas em caixas de papelão, cada uma das caixas contém 24 unidades de 250 g para distribuição. O responsável informou que toda a produção da fábrica é consumida pelo estado de Alagoas e por uma pequena parte de Pernambuco.

Ao procurar o produto estudado em supermercados, observou-se que outra marca de goiabada também era produzida pela fábrica. Quando questionado sobre o segundo produto, o responsável informou que a presença de duas marcas era apenas para marketing de mercado. Na embalagem de ambos não existe a informação de até quantos dias o produto pode ser consumido após aberto.

2 | OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise sobre os aspectos ambientais que envolvem o processo de produção da goiabada, na referida fábrica de alimentos à luz do guia de design ambiental da Danmarks Tekniske Universitet. O estudo aponta soluções para possíveis impactos ambientais do processo de produção da goiabada, além de indicar procedimentos para a gestão ambiental dos recursos e subprodutos na redução de custos que levem à melhoria da produção.

3 | METODOLOGIA UTILIZADA

O estudo limitou-se a analisar o processo de produção de um único produto da fábrica: a goiabada. Inicialmente foi realizado estudo do guia de design ambiental da Danmarks Tekniske Universitet (MCALOONE & BEY, s/d), que indica sete passos para melhoria ambiental. São eles: contexto de uso, visão geral, perfil ambiental, rede de partes interessadas, quantificação, conceitualização e estratégia ambiental.

Para obtenção e coleta de dados, foram realizadas três visitas técnicas à fábrica, todas no mês de março de 2018. As informações contidas neste estudo foram coletadas através de entrevistas com os responsáveis da indústria, além da observação em campo, a fim de aplicar os sete passos de melhoria ambiental a esta realidade.

Realizou-se o mapeamento ativo e sistemático das etapas do ciclo de vida do produto, incluindo as partes interessadas e as situações em que o produto devia

passar durante a vida útil; pois, por meio da visão geral do ciclo de vida, garante-se que, cada etapa da vida do produto, tenha o melhor desempenho ambiental possível, buscando, além da mitigação dos impactos, a obtenção de vantagens competitivas para a empresa.

4 | RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

A partir do guia de design ambiental da Danmarks Tekniske Universitet (MCALOONE & BEY, s/d), foram separados os seguintes aspectos e questionamentos para cada um dos sete passos a serem respondidos e observados na fábrica em estudo para análise e busca de soluções de melhoria ambiental.

- Passo 01 – Contexto de Uso: reflexão sobre o contexto de uso do produto. O que o produto faz? Como o produto é utilizado? Por quem? Por quanto tempo? Com que frequência? Aonde no mundo? A questão central foi identificar os impactos ambientais relacionados à funcionalidade do produto.

- Passo 02 – Visão Geral: criação de uma visão geral do ciclo de vida do produto e de todos os impactos ambientais significativos nas etapas de matéria-prima, produção, transporte, uso e disposição.

- Passo 03 – Perfil Ambiental: concepção de perfil ambiental através da classificação dos impactos ambientais já identificados e organizados em quatro categorias: materiais, energia, químicos ou outros. Foram observadas as possíveis causas de surgimento desses impactos.

- Passo 04 – Rede de Partes Interessadas: identificação das várias partes interessadas que têm influência no produto e que estão conectadas a um conjunto particular de atividades. A rede de partes interessadas é constituída por vários tipos de parceiros: a empresa que realiza a fabricação, fornecedores de componentes, designers externos, intermediadores, autoridades, clientes, usuários, empresas de disposição final, e assim por diante.

- Passo 05 – Quantificação: quantificação dos impactos ambientais do produto através de avaliações quantitativas e visualização dos impactos relacionados aos processos de fabricação, materiais e etapas do ciclo de vida do produto.

- Passo 06 – Conceitualização: criação de alternativas para eliminação ou redução dos impactos ambientais por meio de soluções relacionadas à mudança do

produto ou de seu ciclo de vida. Utilização dos princípios do Ecodesign para elaborar esboços de melhorias ambientais.

- Passo 07 – Estratégia Ambiental: elaboração de um plano de ação para as melhorias ambientais, com o objetivo de consolidar áreas focais. Metas devem então ser definidas para o grau de melhoria esperada para cada área focal por meio de um gráfico radar.

5 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados dos sete passos para melhoria ambiental aplicados à fábrica de goiabada:

1º Passo – Contexto de Uso:

Composta por goiaba, água e açúcar, a goiabada possui consistência bastante firme e destinada para alimentação direta de pessoas (consumidores-usuários); ou indireta, através de receitas culinárias, ideal para lanches ou sobremesas. As informações nutricionais, para 1 (uma) porção de 40 gramas (1 fatia) são 128 kcal, sendo 32 g de carboidratos, 1,6 g de fibra alimentar e 0,3 mg de ferro. A validade do produto na embalagem é de um 1 (um) ano. Após aberto, o recomendado é consumir em até 30 dias; no entanto, não consta essa informação na embalagem do produto. O doce é fabricado na cidade de Arapiraca/AL, com potencial para ser revendido em todo o Brasil; e, até mesmo, exportado para outros países, caso atenda às certificações internacionais. Atualmente é comercializada em Alagoas e Sergipe. Esses estados já consomem a produção da fábrica.

2º Passo – Visão Geral:

- Matéria-prima: As goiabas utilizadas no processo de fabricação são 100% de Petrolina/PE, pois Alagoas não possui produção suficiente para suprir a demanda da fábrica. O açúcar utilizado vem de Usina Local. As embalagens são de plástico e vem dos Estados da região Sudeste.

- Produção: Utiliza-se para produção 60 toneladas de goiaba por semana, 70 toneladas de açúcar por semana, 40.000 litros de água por dia e média de 6.000 kW de energia por mês. Das 60 toneladas de goiaba, 10% (6 toneladas) correspondem as cascas e sementes que são retiradas no processo de despulpamento e 1% (600 kg) são folhas ou resíduos que vem nas goiabas.

- Transporte: São utilizados caminhões-baú para o transporte. Esses veículos são próprios da empresa. Pelo fato das goiabas virem de Petrolina/PE, ocorre um impacto maior ao meio ambiente quanto ao consumo de combustível em função de

emissão de CO₂, que também ocorre na distribuição das goiabadas nos estados de Alagoas e Sergipe.

- **Uso:** A recomendação da embalagem é de 40 gramas por dia, o que corresponde a 2% do valor diário, que é a quantidade de determinado alimento que as pessoas devem consumir para ter uma alimentação saudável, em uma dieta de 2000 calorias por dia (ANVISA, 2017).

- **Disposição:** São dispostas em caixas de papelão, contendo 24 unidades, de 250 gramas cada. Tanto as embalagens quanto as caixas são adquiridas de empresas da Região Sudeste. Não existe logística empresarial para retorno/reciclagem das embalagens. Destino final a critério do consumidor-usuário.

3º Passo – Perfil Ambiental:

De acordo com as principais etapas do ciclo de vida do produto goiabada e dos impactos ambientais identificados em sua produção, foi elaborada a tabela do perfil ambiental (Figura 1), com o objetivo de formar uma visão transparente das relações físicas para a melhoria ambiental.

	MATÉRIA-PRIMA	PRODUÇÃO	TRANSPORTE	USO	DISPOSIÇÃO
MATERIAIS	- Goiaba: 60 T/semana - Água: 40.000 L/Dia - Açúcar: 70 T/semana	Máquinas de produção	Caminhões baú		- Embalagem - Tratamento/Reutilização da água - Sementes: alimentação de porcos
ENERGIA		Energia Elétrica (6.000 KW/mês)	Combustível	Valor Nutricional	
QUÍMICOS	- Acidulante - Ácido-Cítrico	Conservantes			
OUTROS	- Plástico - Embalagem	Manutenção nas máquinas de produção	Manutenção da frota		

Figura 1: Quadro do perfil ambiental e causas raízes identificadas.

Fonte: Autores, 2018.

A figura 1 apresenta o perfil ambiental nas etapas de matéria-prima, produção, transporte, uso, e disposição do produto e auxilia na identificação das causas raízes dos impactos ambientais como: consumo excessivo de água, consumo elevado de energia elétrica, emissão de CO₂, destinação de subprodutos como sementes e folhas e disposição final das embalagens.

4º Passo – Rede de Partes Interessadas:

Por meio do interesse comum entre fornecedor, produtor e cliente (consumidor-usuário), chega-se ao ponto em que o produto desempenha o papel principal, objeto

maior de produção: o consumo. Com isso forma-se a rede de partes interessadas, no qual se esboça a visão das áreas focais em que os impactos ambientais se encontram (Figura 2).

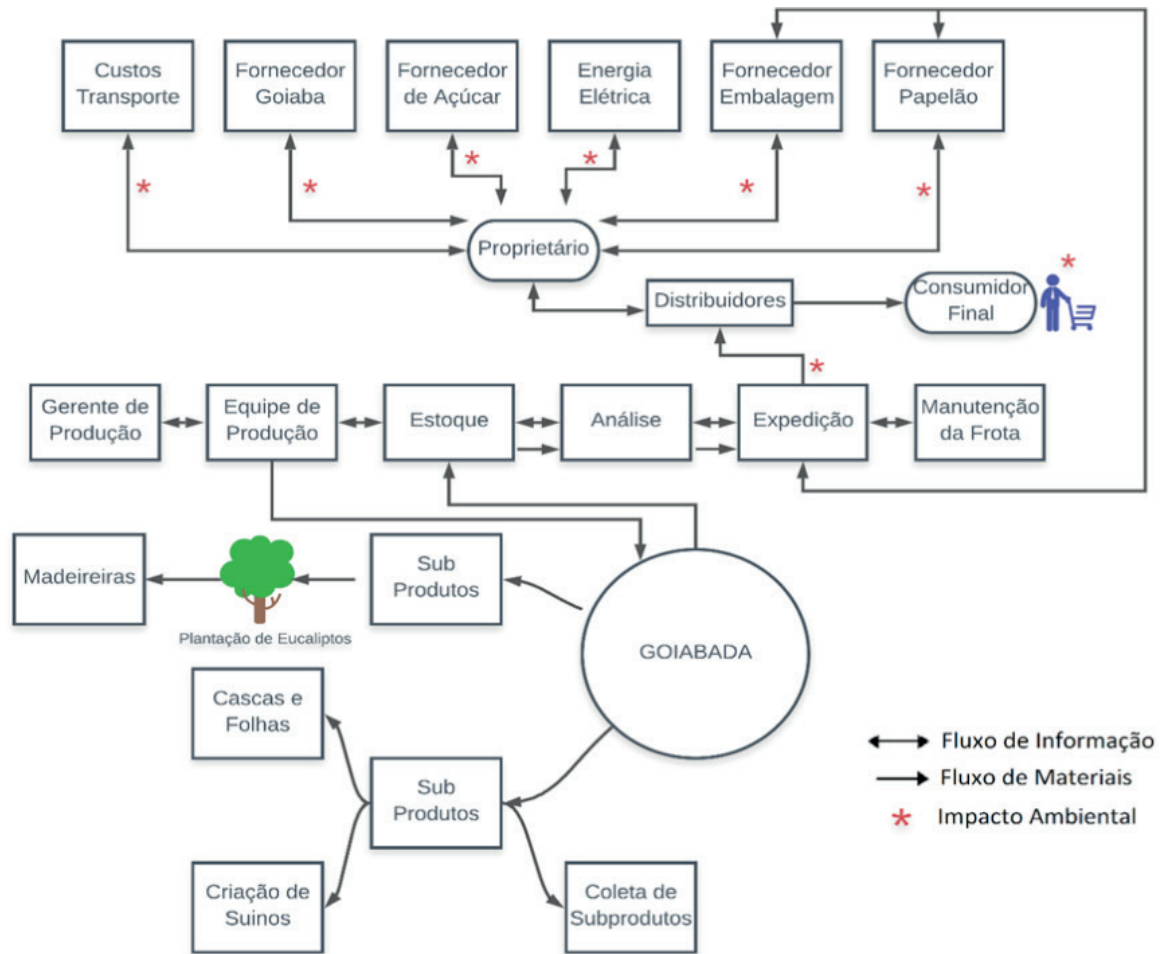


Figura 2: Fluxograma de partes interessadas.

Fonte: Autores, 2018.

O estudo enfatiza as questões ambientais ao longo de todo o ciclo de vida do produto goiabada, no qual se percebe que a maioria dos impactos ambientais estão relacionados ao fornecimento das matérias-primas e à forma com que os subprodutos são tratados. Destaca-se no estudo, como prioridades ambientais, as relações marcadas com asterisco, considerando que todas as relações entre os fornecedores causam impactos ambientais, mesmo que algumas medidas de fim-de-tubo sejam empregadas. O descarte de subprodutos pode ser melhorado, a partir da recuperação e do reprocessamento do insumo secundário, agregando valor financeiro para a empresa.

5º Passo – Quantificação dos impactos ambientais:

Dentro do estudo realizado, foi possível identificar os seguintes impactos demonstrados na Figura 3:

IMPACTOS AMBIENTAIS		
De Entrada	Do Processo	De Saída
Emissão de CO_2 pelo transporte de goiabas (60t/semana)	Consumo excessivo de água (40.000 L/dia)	Emissão de CO_2 pela distribuição do produto
Produção da goiaba (água, fertilizantes e agrotóxicos)	Sementes (6 ton. Por semana)	
Emissão de CO_2 no transporte de açúcar (70 ton. de açúcar por semana)	Consumo excessivo de energia (6.000kwh/mês) - Equivale a 2,5 ton. de emissão de CO_2	
Emissão de CO_2 pelo transporte de embalagens	Folhas/restos (600 kg-1% das 60ton. de goiaba)	

Figura 3: Quadro de identificação dos impactos ambientais.

Fonte: Autores, 2018.

Analisando as proporcionalidades, são necessários 445 gramas de goiabas somados a 583 gramas de açúcar para a produção de 250 gramas de goiabada. Ou seja, para produzir 30 toneladas de goiabada, são necessárias 60 toneladas de goiabas, mais 70 toneladas de açúcar.

6º Passo – Conceitos Ambientais

Através da estruturação do ciclo de vida do produto goiabada e das percepções ambientais dos cinco primeiros passos do guia de Ecodesign, foi possível pensar soluções para o produto e seu ciclo de vida, que possa levar a melhorias ambientais, considerando um único parâmetro de otimização dentre os princípios de Ecodesign apresentados pelo guia, a saber: mínimo conteúdo material no produto; consumo mínimo de energia em todo o ciclo de vida do produto; mínimo conteúdo de substâncias tóxicas; otimização da reusabilidade; otimização da durabilidade; funções ambientais embutidas no produto; esclarecimento das características ambientais do produto.

Vale ressaltar o alto valor agregado do subproduto sementes, que pode ser utilizado de diversas maneiras e com aplicações em propostas positivas do ponto de vista da estratégia ambiental (Figura 4). Pelos resultados obtidos no estudo de Conceição (2016), a semente de goiaba descartada por indústrias alimentícias pode ser considerada “um resíduo nobre”. Um dos destaques é a aplicação do produto na alimentação de galinha poedeiras, onde a adição do suplemento alimentar resultou em uma melhor qualidade da gema e da clara dos ovos, além disso, também houve aumento na espessura da casca do ovo, evitando assim possíveis perdas do produto. Segundo Silveira et al (2014), o óleo obtido das sementes de goiaba também é uma boa fonte de ácidos graxos essenciais, sendo viável sua utilização tanto para o consumo humano quanto para o setor farmacêutico e para a indústria de cosméticos.

PERFIL AMBIENTAL	ASPECTOS NEGATIVOS	PROPOSTAS POSITIVAS	PRINCÍPIO
Subproduto-Semente	- Não reaproveitamento	- Criar o óleo da semente - Doação para alimentação de suínos ou aves (já feita como parte do subproduto) - Perfumaria e outros produtos naturais	- Maximizar o uso de recursos
Subproduto-casca	- Reaproveitamento parcial	- Criar compostagem	- Maximizar o uso de recursos
Água	- Consumo excessivo - Ciclo aberto	- Ciclo fechado com tratamento da água	- Reduzir a quantidade de material
Energia	- Alto consumo	- Uso de energia renovável	- Reduzir consumo de energia
Comunicação dos aspectos do produto	- Falta de informações que contribuam para o fortalecimento da marca	- Indicação de tempo de consumo após aberto - Contém menos conservantes que as concorrentes - Data de fabricação - Adoção de medidas para certificação	- Sinalizar as características ambientais
Emissão de CO ₂ -embalagem	- Vem de Estado distante (Região Sudeste)	- Buscar parcerias de indústrias locais	- Reduzir a dispersão de substâncias nocivas
Emissão de CO ₂ -transporte da goiaba	- Vem de Estado distante (Petrobrás-PE)	- Buscar produtos locais -Produção parcial da matéria prima	- Reduzir a dispersão de substâncias nocivas
Emissão de CO ₂ -Açúcar	- Vem de usinas do Estado de Alagoas	-	- Reduzir a dispersão de substâncias nocivas
Emissão de CO ₂ -distribuição do produto	-	- Logística de saída de veículos	- Reduzir a dispersão de substâncias nocivas

Figura 4: Quadro com os princípios ambientais identificados, aspectos negativos e propostas positivas.

Fonte: Autores, 2018.

7º Passo – Estratégia Ambiental:

Para que os requisitos ambientais sejam fixados através do estudo de design ambiental, foram levantadas as 9 áreas focais de prioridade com base no perfil ambiental; em seguida, foi criado um gráfico de radar com o objetivo de propor melhorias nas áreas de impacto, considerando o nível atual de estratégia em que se encontra o impacto e o nível de estratégia ambiental proposto para o processo (Figura 5).

Descrição	Nível atual	Nível de estratégia
Sementes	3	4
Folhas/Casca	2	5
Água	3	5
Energia	2	5
Comunicação-Aspectos do produto	2	5
CO2-Embalagens	2	4
CO2-Transporte da goiaba	2	4
CO2-Açúcar	2	2
CO2-Distribuição do produto	2	3

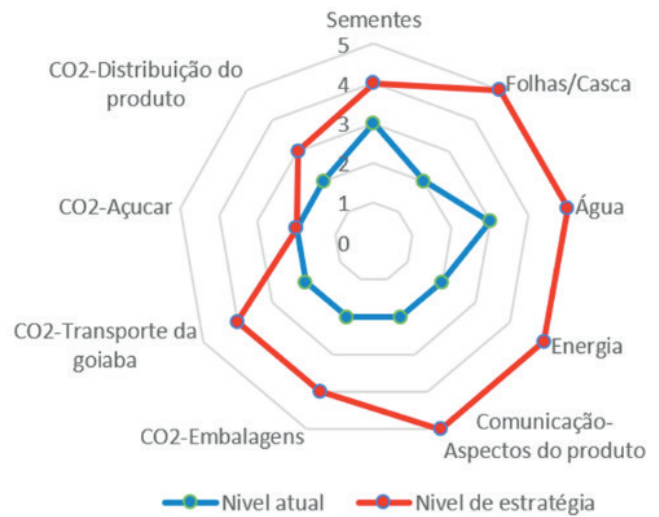


Figura 5: Estratégia ambiental da proposta

Fonte: Autores, 2018.

6 | CONCLUSÕES

Com a aplicação dos 7 passos na fábrica de goiabada, foi possível perceber que, em algumas áreas de impactos ambientais, apresentavam-se algumas estratégias ambientais, como: a aquisição de matéria-prima local e o transporte local do açúcar, bem como algumas estratégias, consideradas medidas de fim-de-tubo, como o reaproveitamento, por doação, de sementes para suinocultura; e, a utilização de cascas e folhas para adubagem. Contudo, existem áreas que podem ser melhoradas do ponto de vista do desempenho ambiental, como a utilização de subprodutos gerados durante o processo produtivo, por exemplo, as sementes e as cascas. A fábrica pode agregar valor e criar outros produtos de alto valor comercial, como a extração e beneficiamento do óleo da semente e a produção de cosméticos e perfumes, devido à ação antioxidante presente nas sementes; bem como a utilização da casca como ração para animais, além da possibilidade de criar adubagem para os diversos tipos de lavouras.

Em outras áreas, é possível aplicar tecnologias mais modernas para diminuir os impactos ambientais, como a utilização de energias renováveis, por exemplo, energia solar e eólica. A busca por parcerias/cooperativas locais pode diminuir os impactos relativos ao transporte de matérias-primas e embalagens, assim como associados à aquisição local da goiaba. Essas parcerias/cooperativas locais podem se tornar pontos fortes para a disseminação ainda mais intensa da marca, trazendo um perfil mais responsável e inovador a indústria.

REFERÊNCIAS

- ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil). **Manual de Orientação às Indústrias de Alimentos**. 2ª versão atualizada, 2005.
- BACHA, M. de L.; SANTOS, J. **Considerações teóricas sobre conceitos de sustentabilidade**, 2010.
- BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 4ª edição São Paulo: Saraiva, 2015.
- BOFF, L. **Sustentabilidade: O que é - o que não é**. Petrópolis: Vozes, 2012.
- CONCEIÇÃO, E. C.; L. RODRIGUES, M. C. M. ; BARA, M. T. F.; **Aditivo nutracêutico padronizado em óleos essenciais expressos em β -cariofileno para nutrição de aves**. 2016, Brasil.
- DE LIMA, M. I. **40 anos de licenciamento ambiental: um reexame necessário**, 2017.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **A cultura da goiaba**, 2ª edição, pág. 33. Brasília-DF. 2010.
- GUARNIERI, P. **Logística reversa: em busca do equilíbrio econômico e ambiental**. Recife: Clube de Autores, 2011.
- HINZ, R. T. P; VALENTINA, L. V. D; FRANCO, A. C. **Sustentabilidade ambiental das organizações através da produção mais limpa e pela ACV**. Estudos tecnológicos, vol. 2, n. 2, p. 91-98, 2006.
- MCALOONE, T.; BEY, N. **Melhoria ambiental por meio do desenvolvimento de produtos - um guia**. Universidade de São Paulo sem data.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, **Instrução normativa nº 07, de 11 de novembro de 2005**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/producao-integrada/arquivos-publicacoes-producao-integrada/instrucao-normativasdc-no-07-de-11-de-novembro-de-2005-goiaba.pdf/view>, acesso em 20 abril 2018.
- NICANOR, A. B.; MORENO, A. O.; AYALA, A. L. M.; ORTIZ, G. D. **Guava seed protein isolate: Function and nutritional characterization**. J. Food Biochem., v. 25, p. 77-90, 2001.
- SCHAUN, A. **Considerações teóricas sobre o conceito de sustentabilidade**. VII SeGeT: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2010.
- Secretária de Estado do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos (SEMARH), **Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos**, 2001.
- SILVEIRA, M. L. R.; SANTOS, C. O.; CREMONESE, J. M.; FORTES, J. P.; SAUTTER, C. K.; PENNA, N. G. **Estudo comparativo do perfil de ácidos graxos presentes no óleo extraído das sementes de goiaba (Psidium guajava L.)**. Anais do XX COBEQ IC, SC.: Florianópolis, p. 1-8, 2014.
- SOUZA, M. T.; RIBEIRO, H. C. M. **Sustentabilidade Ambiental: Uma Meta-análise da Produção Brasileira e Periódicos de Administração**. Revista de Administração. v. 17, n. 3, art. 6, 2013.

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

Data de aceite: 06/01/2020

Márcia Cristina Martins Campos Cardoso

Mestre em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Técnica em Saneamento na CESAN. Vila Velha – Espírito Santo

Lorena Olinda Degasperi Rocha

Mestranda em Engenharia de Desenvolvimento Sustentável pela Universidade Federal do Espírito Santo. Técnica em Meio Ambiente na CESAN. Vila Velha - Espírito Santo

RESUMO: A disponibilidade de recursos hídricos tem se tornado um tema cada vez mais desafiador, e nos últimos anos este problema ganhou atenção especial em função da crise hídrica que afetou vários estados brasileiros, dentre eles o Espírito Santo. Durante a estiagem de 2015/2016 alguns poços que são utilizados para abastecimento público na ETA Ubu, situada na cidade de Anchieta-ES, sofreram aumento considerável na concentração de alumínio, devido ao rebaixamento do lençol freático. A concentração aumentou para 0,6 mg/L aproximadamente, valor 3 vezes maior que VMP pela legislação brasileira. Portanto foram pesquisadas alternativas para remover ou reduzir estes valores a fim de atender a PCR nº5- MS. A primeira etapa foi buscar

por tecnologias específicas para remoção do metal; foi avaliado o filtro de alta pressão com zeólitos e outra tecnologia em teste, oferecida por uma empresa americana. Em seguida foram avaliadas alternativas utilizando recursos próprios. Os testes foram realizados em bancada de laboratório, utilizando o jarteste e posteriormente realizados na própria ETA. Foram feitas pequenas alterações nos pontos de dosagem, e os resultados foram bem satisfatórios, reduzindo o residual de alumínio para valores inferiores a 0,2 mg /L, atendendo ao VMP da PCR nº5.

PALAVRAS-CHAVE: crise hídrica, água de poço, alumínio dissolvido, alcalinizante, pH

REDUCTION OF RESIDUAL ALUMINUM DISSOLVED IN PUBLIC WELL WATER

ABSTRACT: The availability of water resources has become an increasingly challenging issue, and in recent years this problem has gained special attention due to the water crisis that has affected several Brazilian states, including Espírito Santo. During the drought of 2015/2016 some wells that are used for public supply at ETA Ubu, located in the city of Anchieta-ES, obtained a considerable increase in aluminum concentration due to the lowering of the water table. The concentration increased to 0.6 mg/L, 3 times higher than maximum limit detected allowed

by Brazilian law. Therefore, alternatives were searched to try remove or reduce these values to meet PCR # 5-MS. The first step was to look for specific technologies for metal removal; The zeolite high pressure filter and other technology offered by the American company were evaluated. Then alternatives were evaluated using own resources. The tests were performed on a laboratory bench, using the jar test and later performed in the ETA itself. Simple changes were made at the dosing points, and the results were quite satisfactory, reducing the aluminum residual to less than 0.2 mg / L, under the limit determined to the directive PCR nº 5 of the Ministry of Health.

KEYWORDS: water crisis, well water, dissolved aluminum, alkalizing, pH.

1 | INTRODUÇÃO

A disponibilidade de recursos hídricos tem se tornado um desafio cada vez maior, principalmente para os profissionais da área de saneamento público, tanto pela quantidade quanto pela qualidade do recurso disponível.

Recentemente este problema ganhou atenção especial devido à crise hídrica que afetou vários estados brasileiros, dentre eles o Espírito Santo.

Durante a estiagem de 2015/2016 houve o rebaixamento do lençol freático que em conjunto com as características geológicas da região resultou no aumento significativo no teor de Alumínio residual nos poços utilizados para abastecimento público, apresentando resultados na faixa de 0,6 mg/L, 3 vezes mais que o VMP estabelecido pela PCR nº5.

O presente trabalho apresenta os desafios e as soluções que foram encontrados neste período de estiagem para manter o abastecimento público com qualidade adequadas na ETA Ubu, situada na cidade de Anchieta-ES. A ETA é abastecida por quatro poços e tem vazão nominal de 10 L/s, mas no verão e feriados prolongados a ETA chega a trabalhar com 21 L/s. Antes da estiagem a água captada desses poços era de excelente qualidade, de forma que o tratamento realizado era apenas correção de pH, desinfecção e fluoretação. Portanto, considerando a qualidade da água, no primeiro momento buscou-se tecnologias específicas apenas para remoção do Alumínio, a fim de não alterar o tratamento usado.

Sendo assim, o trabalho foi realizado em três etapas, a primeira consistiu na pesquisa de tecnologias disponíveis no mercado para remoção do alumínio, como filtro de alta pressão com material filtrante (zeólito) e também uma tecnologia que estava em teste por uma empresa americana sediada no ES. Porém os valores de investimento eram muito altos, o que resultou na necessidade de encontrar alternativas que fossem viáveis economicamente, conduzindo o trabalho para uma segunda etapa, onde outros métodos foram testados e avaliados a partir de recursos próprios da empresa, através de ensaios de bancada, utilizando coagulante a base

de ferro.

Posteriormente os resultados encontrados em bancada foram adaptados e aplicados na ETA, configurando a etapa final.

Os resultados foram muito satisfatórios, mostrando que simples intervenções realizadas na ETA foram suficientes e eficientes para reduzir o Alumínio residual, atendendo os padrões recomendados pela legislação e os custos previstos no orçamento.

Segundo Rosalino (2011) apesar da incerteza associada e da necessidade de investigação adicional, existem evidências mostrando que a ingestão de água com presença de alumínio, ainda que dentro dos níveis aceitáveis pela legislação possa representar danos para a saúde, especialmente a nível neurológico. Assim, devem ser observadas medidas para minimizar as concentrações de alumínio no final do tratamento.

2 | OBJETIVO

Reduzir o alumínio residual da água de abastecimento público para valores inferiores ao recomendado pela PRC nº 5, de 28 de setembro de 2017, Anexo XX (VMP =0,2 mg/L). E mostrar que este resultado foi alcançado através de intervenções simples, utilizando recursos disponíveis na própria ETA, com custo igual hora/homem trabalhada.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi dividido em três etapas e estão descritas abaixo:

3.1 Primeira etapa: busca de tecnologia para remoção de alumínio

Foi realizada uma pesquisa no mercado de saneamento em busca de empresas que fornecessem tecnologia para remoção do alumínio. Obtiveram-se as seguintes propostas: filtro de alta pressão com material filtrante (zeólito) e também de uma tecnologia americana que estava em fase de testes.

Filtro de alta pressão com zeólito: esse equipamento tem como objetivo o tratamento da água, que possui valores de alumínio, ferro e manganês acima altos ou fora das especificações de usos industriais. O tratamento da água com esse filtro baseia-se na utilização de um meio filtrante catalítico, a base de zeólitos naturais e sintéticos, tecnicamente selecionados, processados, esterilizados e ativados a fim de se obter alta atividade catalítica. São fabricados em aço ao carbono ou aço inoxidável, para mais variadas vazões. O valor de instalação desse equipamento seria em torno de 290 mil reais apenas para instalação, além do custo de manutenção.



Figura1 : modelo do filtro de alta pressão

Outra tecnologia avaliada foi oferecida por uma empresa americana, que utiliza no seu processo de tratamento o ferro na valência +6. Esta tecnologia é utilizada para remoção de Ferro e seria testada também para a remoção de alumínio.

A empresa representante dessa tecnologia no estado do ES coletou a água da ETA Ubu e testou a tecnologia.

O resultado quanto à remoção do alumínio foi positiva, porém a metodologia gerou um aumento de cor e turbidez da água, gerando outros problemas e a mudança no tipo de tratamento da água.

3.1.1 Resultados da primeira etapa

O filtro de alta pressão com zeólito não se aplicou devido ao alto custo de implementação e manutenção.

A tecnologia da empresa americana apresentou uma redução do alumínio residual, porém gerou cor e turbidez, gerando outro tipo de problema e inviabilizando a implantação do sistema. Os custos não foram apresentados pela empresa fornecedora. A falta de sucesso nesta etapa direcionou para a etapa seguinte.

3.2 Segunda etapa: busca de solução com recurso próprio

Diante das dificuldades apontadas e o alto custo de tecnologias já conhecidas, buscou-se então alternativas para a remoção do alumínio usando os próprios recursos da empresa, com o uso de coagulante a base de ferro e correção do pH. Se os resultados encontrados fossem relevantes, isso implicaria na modificação do tratamento da água, sendo necessário alterar a formatação da ETA.

Metodologia dos testes

Os testes foram realizados em bancada por meio de ensaios de Jar Teste, usando o coagulante Salfer (densidade= 1,52/ C= 38,2%) e o alcalinizante cal

Hidratada.

O objetivo dos ensaios foi avaliar a eficiência do coagulante na remoção do alumínio e determinar a melhor dosagem. Foram realizados testes aleatórios preliminares com a água coletada na ETA Ubu.

Características da água bruta				
Alumínio	Alcalinidade	Cor	pH	Turbidez
0,59	2,6	0,2	4,8	0,6

Tabela 1- Características Água Bruta

Amostra	Análise pré-teste		Análise pós-teste (filtrado)			
	pH	Coagulante	Cor	Turbidez	Alumínio	pH
J1	4,48	0	10,1	0,98	0,70	4,48
J2	10	2	15,3	0,45	0,64	8,46
J3	9	2	16,3	0,65	0,62	8,60
J4	7	2	16,1	0,42	0,10	7,52
J5	7	0	14,8	0,45	0,17	7,80

Tabela 2- Análises preliminares coagulante

Em seguida foi realizado outro teste variando o pH (valor aproximado) e mantendo-se a dosagem do coagulante salfer em 2mg/L

Amostra	Análise pré-teste		Análise pós-teste (filtrado)			
	pH	Coagulante (mg/L)	Cor	Turbidez	Alumínio (mg/L)	pH
J1	9	2	17,8	0,55	0,29	7,0
J2	8	2	17,9	0,57	0,22	7,35
J3	7	2	19,7	0,78	0,17	6,55
J4	6	2	16,1	0,52	0,13	6,05

Tabela 3 - Ensaio Jarteste

A partir destes resultados, observou-se que o uso do coagulante, mesmo em baixa dosagem (2mg/L), conferiu uma elevação na cor da água. Portanto iniciou-se

uma nova bateria de testes, sem o adição do coagulante com o objetivo de analisar outras variáveis, como a interferência do pH, do cloro e do flúor.

Experimento 1 - Primeiramente foi realizado um ensaio de jarrest utilizando apenas o alcalizante (cal hidratada). As dosagens escolhidas foram baseadas nos resultados encontrados nos testes preliminares mantendo uma faixa de pH entre 5 e 8.

Características da água bruta				
Alumínio	Alcalinidade	Cor	pH	Turbidez
0,58	2,6	0,2	4,8	0,6

Tabela 4 - Características água bruta

Parâmetros utilizados no teste				
Alcalinização	Mistura rápida	Mistura lenta	Decantação	Filtração
Adição de cal até o pH desejado	1'	10'	20'	Ñ foi feita

Tabela 5 - Parâmetros jarreste

Amostra	pH (desejado)	pH (real)	Cor	Turbidez	Alumínio
J1	5,5	5,70	0,0	0,48	0,16
J2	6,0	6,40	0,7	1,1	0,03
J3	6,5	6,90	0,5	5,39	0,06
J4	7,0	7,30	3,1	10,6	0,09
J5	7,5	7,80	3,1	12,3	0,24
J6	8,0	7,94	3,1	17,5	0,28

Tabela 6 - Ensaio jarreste remoção alumínio

A alcalinização da água foi feita adicionando solução de cal concentrada com volume pré-estabelecido em teste preliminar, os valores reais encontrados foram diferentes dos desejados, entretanto esta diferença não foi um impedimento para alcançar os objetivos estabelecidos. O melhores resultados para remoção de alumínio x turbidez foram encontrados na faixa de pH entre 6,40 e 6,90 como mostrado no figura 2. Mas mesmo mantendo o pH nesta faixa, que apresentam os menores valores para a turbidez, estes valores se encontram acima do desejado.

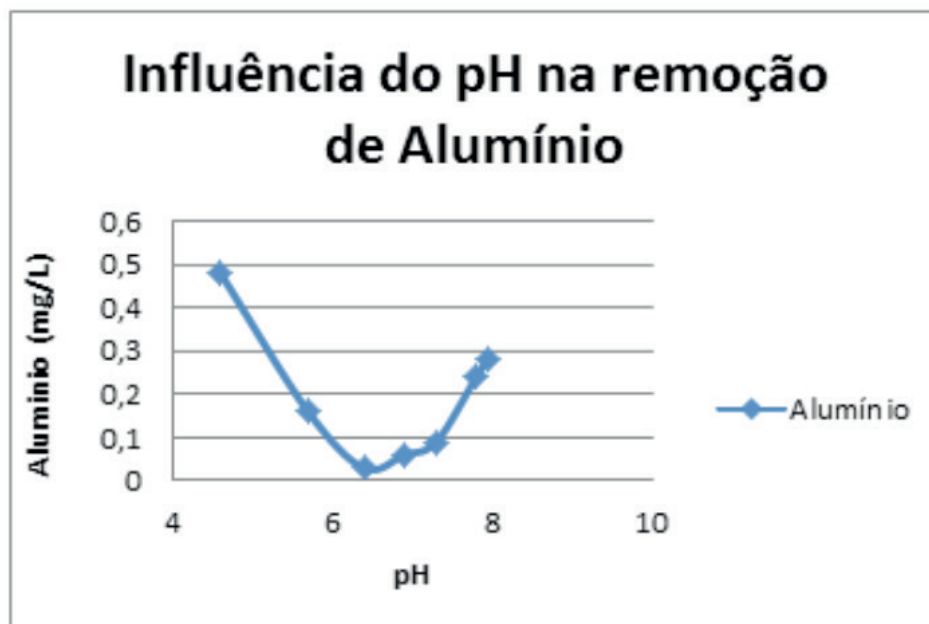


Figura 2- Influência do pH na remoção de alumínio

Este resultado mostra a importância do pH na solubilidade do alumínio, portanto, buscou-se trabalhar com a faixa de pH em torno de 6,4 e 6,9. Nesta etapa os ensaios foram realizados sem o uso do jarreste, e os produtos químicos foram adicionados e misturados manualmente, com o intuito de reproduzir o que realmente acontece na planta.

Experimento 2

Jarro 1- Simulação do que acontecia anteriormente na ETA (dosagem simultânea dos produtos químicos no mesmo ponto). Foram adicionados cal, cloro e flúor e agitou-se por um minuto.

Jarro 2- Neste jarro foi adicionado apenas o cal até o pH aproximado 6,70 e agitou-se com um bastão por 1 minuto. Em seguida foi feita a análise de alumínio.

Jarro 3- Foi feita uma análise para alumínio residual previamente, e imediatamente após a leitura foi adicionado cloro e flúor em concentrações aplicadas na ETA. Novamente a solução foi agitada por aproximadamente 1 minuto. Em seguida foi feita a análise de alumínio novamente.

Amostra	Análises pré-teste			Análises pós-testes	
	Cal	Flúor	Cloro	Alumínio	pH
J1	x	x	x	0,10	6,50
J2	x	-	-	0,07	6,70
J3	x	x	x	0,08	6,68

Tabela 7 - Ensaio comparativos entre metodologias

Observa-se que no jarro, onde é feita a mistura simultânea dos produtos químicos o residual de alumínio é ligeiramente mais elevado.

Experimento 3- Este teste foi realizado para comparar o processo de tratamento ciclo completo (simulado no jarteste) versus configuração atual da ETA, avaliando a necessidade ou não de alteração do processo atual de tratamento.

Amostra	Análises pré-teste				Análises pós-testes
	pH	Cl	Flúor	Al	Alumínio
J1	6,46	2,20	0,8	0,19	0,10
J2	6,54	-	-	0,13	0,07

Tabela 8 - Ensaio comparativos parte 2

J1- Foram adicionadas dosagens aproximadas do real de cloro, flúor e cal de forma simultânea, e lidas após 1 minuto de agitação manual. Esta amostra foi submetida ao ensaio de jarteste e após a decantação foi coletada nova amostra e realizada nova leitura.

J2- Neste jarro foi adicionado apenas solução de cal e feito a leitura após um minuto de agitação manual. Esta amostra foi submetida ao ensaio de jarteste e após a decantação foi coletada nova amostra e realizada nova leitura.

Estes ensaios foram feitos para avaliar o tempo de contato em relação à redução do alumínio.

3.2.1 Resultados da segunda etapa

Após a realização destes testes foi possível perceber duas situações importantes:

– Amistura dos três produtos simultaneamente, como era feito estava interferindo no valor residual do alumínio, observou-se que quando os produtos eram misturados simultaneamente havia um leve aumento no residual de alumínio, isso acontece devido ao flúor ser um interferente na análise de alumínio;

– Embora os resultados encontrados após o ciclo completo sejam melhores, é possível encontrar resultados que atendam as exigências da portaria vigente apenas fazendo pequenas alterações na ETA, como alteração do ponto de dosagem dos produtos químicos, sem a necessidade de investimentos.

3.3 Terceira etapa: aplicação e adaptação dos resultados de bancada na eta

A partir dos resultados encontrados em bancada, foram alterados os pontos de dosagem dos produtos químicos na ETA, e foi feito monitoramento de análises.

Inicialmente, todos os produtos (cal, flúor e cloro) eram dosados no mesmo ponto de aplicação (indicado pelo círculo vermelho).

Após os testes foi sugerido que a cal passasse a ser dosada exatamente no ponto aonde água chega (antes do ponto original, aumentando o tempo de contato) e o flúor e o cloro estão sendo dosados logo após a calha parshall (posterior ao ponto original). As dosagens eram feitas simultaneamente no centro da calha.

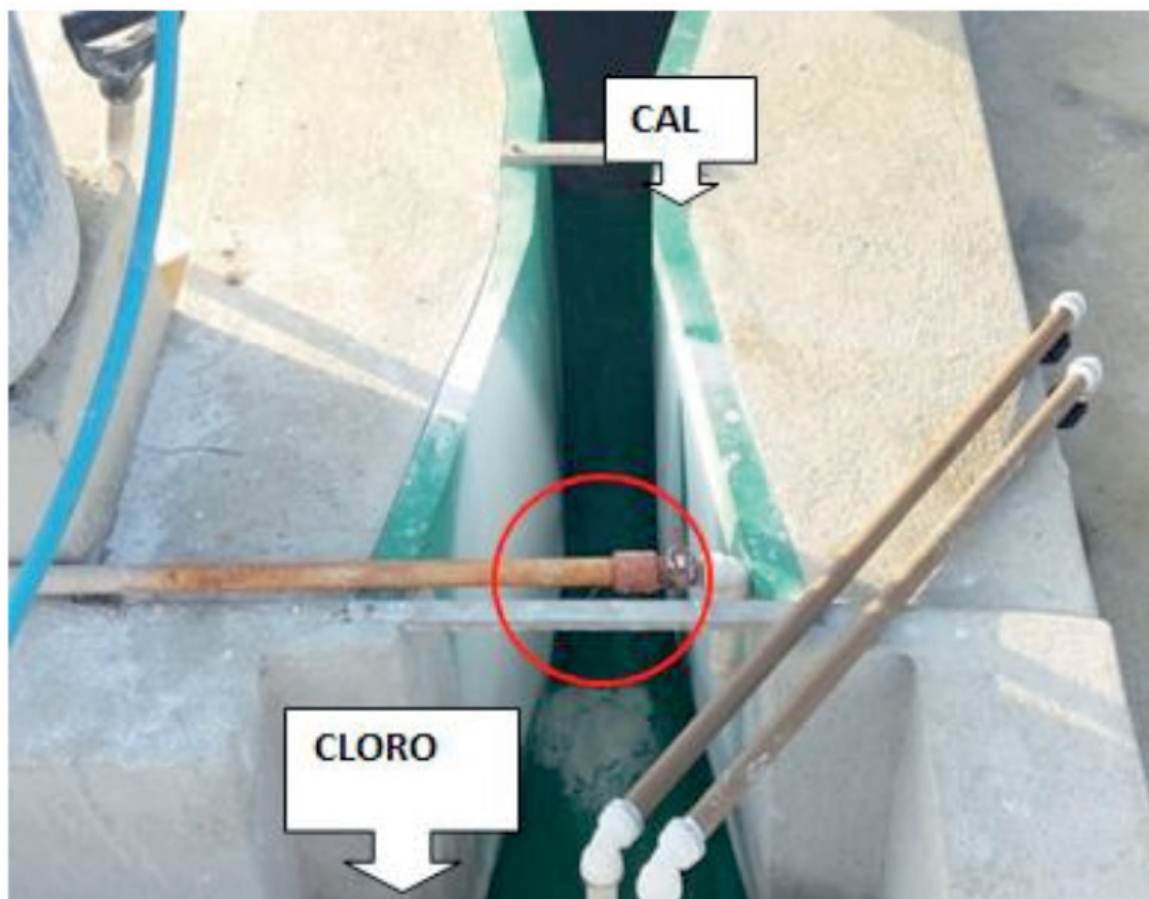


Figura 3- Nova configuração das dosagens de produtos químicos

Após a alteração dos pontos de dosagens foram realizadas as análises rotineiras para monitoramento dos resultados que estão descritos na tabela abaixo:

Horário	Amostra	pH	Alumínio
07:00	Água Bruta	5,18	0,47
	Água tratada	6,21	0,12
10:00	Água Bruta	5,20	0,42
	Água tratada	6,26	0,08
11:00	Água Bruta	4,61	0,54
	Água tratada	6,04	0,16
12:00	Água Bruta	5,76	0,55
	Água tratada	6,10	0,18
13:00	Água Bruta	4,62	0,57
	Água tratada	6,30	0,14
14:00	Água Bruta	5,05	0,58
	Água tratada	6,36	0,12

Tabela 9 – Resultados da água tratada após alteração dos pontos de dosagens e controle de pH

Abaixo seguem duas figuras comparando os resultados antes e depois das alterações realizadas nos pontos de dosagem dos produtos químicos.

A figura 4 mostra os resultados obtidos quando os produtos químicos eram misturados simultaneamente e não havia controle de pH.

quinta-feira, 6 de julho de 2017												
CONTROLE FÍSICO-QUÍMICO DA ÁGUA												
Água Bruta						Tratada						
Cor	Turbidez	pH	Alcalinidade	Ferro	Alumínio	Cor	Turbidez	pH	Alcalinidade	Cloro	Alumínio	Fluoret
mg/l Pt	NTU		mg/l CaCO ₃	mg/l	mg/l	mg/l Pt	NTU		mg/l CaCO ₃	mg/l	mg/l	mg/l
0,5	1,2	4,94				3,3	1	6,42		1,22		0,72
0,5	0,8	4,86	1,8		0,58	1,8	0,9	6,34		1,16	0,42	0,63
0,8	0,6	4,75				1,6	1	6,28		1,12		0,61
0,2	0,4	4,76				1,2	0,96	6,22		1		0,62
0,2	0,1	4,86	1,8		0,66	1	0,85	6,17		0,86	0,24	0,61
0,4	0,1	4,86				1	0,76	6,12		0,84		0,61

Figura 4- resultados anteriores às alterações

A figura 5 mostra os resultados obtidos após a mudança do ponto de dosagem da cal para o ponto de chegada da água, e o flúor é adicionado posteriormente, junto com o cloro.

quinta-feira, 30 de novembro de 2017												
CONTROLE FÍSICO-QUÍMICO DA ÁGUA												
Água Bruta						Tratada						
Cor	Turbidez	pH	Alcalinidade	Ferro	Alumínio	Cor	Turbidez	pH	Alcalinidade	Cloro	Alumínio	Fluoret
mg/l Pt	NTU		mg/l CaCO ₃	mg/l	mg/l	mg/l Pt	NTU		mg/l CaCO ₃	mg/l	mg/l	mg/l
1,8	0,23	4,69	1,6		0,58	4,9	1,43	6,19		0,75	0,14	0,78
1,3	0,2	4,88			0,56	4,1	0,76	6,12		0,7	0,15	0,65
1	0,23	4,9			0,55	5	0,99	6,15		0,85	0,1	0,65
-	-	-			-	4,7	0,66	6,16		0,84	0,15	0,65
2,7	0,24	4,73			0,56	4,5	1	6,31		1,24	0,11	0,69
2	0,23	4,8	1,6		0,56	5	1	6,09		0,98	0,18	0,64

Figura 5- Resultados após as alterações

4 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O filtro de alta pressão com zeólito apresentou custo muito elevado e inviável para implantação;

A tecnologia da empresa americana testada apresentou boa redução do residual de alumínio, porém conferiu aumento considerável de cor e turbidez, os custos não foram apresentados;

Coagulante não apresentou resultado relevante na remoção;

O controle de pH utilizando cal, e a alteração dos pontos de dosagem resultaram na redução de 70% do alumínio dissolvido;

Houve um leve aumento na turbidez da água tratada, mas ainda dentro do recomendado pela legislação;

Custo da melhoria para redução do alumínio dissolvido: hora/homem trabalhada.

Os resultados encontrados foram muito satisfatórios, mostrando que as pequenas alterações realizadas na ETA resultaram na redução do Alumínio para os padrões recomendados pela Portaria PCR nº5 anexo XX- MS.

A cal produz uma elevação na turbidez da água (mas este problema já existia, pois a cal era usada para correção de pH). Portanto, foi realizado um teste de três

semanas utilizando cal em suspensão e o resultado foi positivo em relação ao controle de pH, que se torna muito mais fácil devido à estabilidade do produto e a turbidez praticamente não se altera. Assim, recomenda-se que esta substituição seja feita de forma definitiva, com o objetivo de melhorar e alcançar resultados de excelência como está proposto na missão e objetivos da empresa.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 05 anexo XX de 28 de Setembro de 2017. Do Controle e da Vigilância da Qualidade da Água Para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade (Origem: PRT MS/GM 2914/2011).

CLETO, C. I. T.P. O alumínio na água de consumo humano. Covilhã, 2008. Dissertação e mestrado- Universidade da Beira Interior.

ROSALINO, M. R. R. Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano. Lisboa, 2011. Dissertação de mestrado- Universidade Nova de Lisboa.

YAMAGUSHI, R B. Especificação de alumínio em água subterrâneas na região do manancial Billings: aplicação da radiação na digestão amostral para fins analíticos e na proposta de remediação. São Paulo, 2013. Dissertação de mestrado-Instituto de pesquisa energéticas nucleares, autarquia associada à Universidade de São Paulo.

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

Data de aceite: 06/01/2020

Data de Submissão: 14/10/2019

José Torrente da Rocha

Graduando em Engenharia Ambiental,
Departamento de Engenharia Ambiental,
Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Ji-
Paraná – Rondônia.

<http://lattes.cnpq.br/954555060621341>.

Mayame Martins Costa

Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Instituto
Federal de Rondônia – IFRO, Campus Colorado
do Oeste. Graduanda em Engenharia Ambiental,
Departamento de Engenharia Ambiental,
Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Ji-
Paraná – Rondônia.

<http://lattes.cnpq.br/2637870954175121>.

Giovanna Maria Cavalcante Martins

Graduanda em Engenharia Ambiental,
Departamento de Engenharia Ambiental,
Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Ji-
Paraná – Rondônia.

<http://lattes.cnpq.br/2545339670664123>

Andressa Vaz Oliveira

Graduanda em Engenharia Ambiental,
Departamento de Engenharia Ambiental,
Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Ji-
Paraná – Rondônia.

<http://lattes.cnpq.br/1773489637880470>

Marcos Leandro Alves Nunes

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal
de Rondônia – UNIR. Mestre em Engenharia Civil

pela Universidade Federal do Rio de Janeiro –
UFRJ. Professor da Faculdade Panamericana de
Ji-Paraná – UNIJIPA, Ji-Paraná – Rondônia.

<http://lattes.cnpq.br/2611263666804731>

RESUMO: As ações antrópicas geram impactos diversos em todos os componentes do ambiente, alterando as condições principalmente de recursos hídricos, vegetação e solos. Com isto, faz-se necessário o uso de metodologias visando caracterizar e determinar regiões em estado crítico de conservação. O objetivo deste trabalho foi analisar a vulnerabilidade a perda de solo da Bacia do Rio Urupá, localizada no Estado de Rondônia. As imagens da bacia foram demarcadas a partir de um Modelo Numérico de Terreno (MNT) retirado de uma imagem SRTM. Os mapas foram elaborados através do software ArcGIS 10.2 da ESRI, versão estudantil, com a ferramenta *hydrology*. A metodologia aplicada para este estudo foi o mapeamento natural de vulnerabilidade, recomendado por Crepani et al. (2001) no qual são atribuídos valores para os temas Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação/Cobertura do Solo e Clima, onde a vulnerabilidade total é dada por uma equação proposta pelo autor. Os resultados obtidos a partir das análises dos mapas gerados mostraram se tratar de uma região com baixa vulnerabilidade, devido a existência de uma unidade de conservação em parte de sua área.

Contudo, a região ainda apresentou vulnerabilidade considerável, por conta de sua configuração geológica, onde duas das quatro unidades geológicas encontradas possuem características de litotipos sedimentares, bem como há também a conversão das florestas em pastagem. A falta de dados atuais pode ter interferido no resultado obtido, assim, recomenda-se utilizar este trabalho como base para o desenvolvimento de mais estudos de bacias hidrográficas locais, bem como ações para reduzir a fragilidade ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Geomorfologia, Erosão, SRTM, Mapeamento.

VULNERABILITY SOIL LOSS FROM URUPÁ RIVER BASIN, RONDONIA, WESTERN AMAZON

ABSTRACT: Anthropogenic actions generate diverse impacts on all components of the environment, changing mainly the conditions of water resources, vegetation and soils. Thus, it is necessary to use methodologies to characterize and determine regions in critical condition. The objective of this work was to analyze the vulnerability to soil loss of the Urupá River Basin, located in the state of Rondônia. The basin images were demarcated from a Numerical Terrain Model (MNT) taken from an SRTM image. The maps were made using ESRI's ArcGIS 10.2 student version software, with the hydrology tool. The methodology applied for this study was the natural vulnerability mapping recommended by Crepani et al. (2001) in which values are attributed to the themes Geology, Geomorphology, Pedology, Vegetation / Land Cover and Climate, where total vulnerability is given by an equation proposed by the author. The results obtained from the analysis of the generated maps showed to be a region with low vulnerability, due to existence of a conservation unit in part of its area. However, the region still presented considerable vulnerability, due to its geological configuration, where two of the four geological units found have characteristics of sedimentary lithotypes, as well the conversion of forests to pasture. The lack of current data may have interfered with the result obtained, so it is recommended to use this work as a basis for the development of further studies of local watersheds, as well to actions for reduce environmental fragility.

KEYWORDS: Geomorphology, Erosion, SRTM, Mapping.

INTRODUÇÃO

Na atualidade, as questões ambientais tornaram-se objeto de estudo em pesquisas de ordenamento territorial, levando discussões na sociedade, devido, principalmente à realidade das condições ambientais e da qualidade de vida das pessoas. (Rovani et al., 2015).

Em consequência ao desenvolvimento do processo produtivo e o crescimento da população, nos últimos anos os recursos naturais passaram a ser explorados com maior intensidade. Nesta perspectiva, as ações antrópicas, como a ocupação

desordenada da terra, provocam diversos problemas ambientais ao alterar as condições dos recursos hídricos, da cobertura vegetal, bem como dos solos. Surge, então, uma preocupação com a problemática ambiental no que diz respeito tanto à sua conservação quanto à preservação.

Baseada no princípio da ecodinâmica de Tricart (1977), a carta de vulnerabilidade natural, de acordo com Becker e Egler (1996), considera os processos de morfogênese e pedogênese a partir da análise integrada do solo, rochas, relevo e vegetação. A carta de potencialidade social, por sua vez, considera a relação entre os fatores dinâmicos e os fatores restritivos de acordo com os dados sociais, econômicos e políticos. A integração de ambas as cartas resulta em uma carta-síntese de acordo com a potencialidade ou vulnerabilidade da região. Simões et al. (1999) salientam que “[...] o conhecimento da vulnerabilidade natural é fundamental para prever o comportamento futuro dos sistemas naturais diante do processo de ocupação e adensamento da atividade social”.

O local escolhido para o desenvolvimento do estudo foi a Bacia do Rio Urupá, pelo fato de estar inserida no interior de oito municípios e possuir seu exutório em Ji-Paraná, ilustrando sua relevância para as demais regiões. Conforme o exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar a vulnerabilidade a perda de solo na Bacia do Rio Urupá, utilizando técnicas de geoprocessamento com a finalidade de caracterizar e determinar regiões em estado crítico.

MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Localizada na porção Centro-Leste do estado de Rondônia, a bacia do rio Urupá drena uma área de aproximadamente 4.000 Km², desde sua nascente na reserva indígena de Pacaás Novos até a desembocadura no rio Ji-Paraná (BOLSON, 2007). É inserida dentro de 8 municípios da mesorregião leste rondoniense: Mirante da Serra, Alvorada d'Oeste, Nova União, Urupá, Ouro Preto do Oeste, Teixeirópolis, Presidente Médici e Ji-Paraná, entre as respectivas coordenadas geográficas, em graus decimais: 10,439° e 11,408°S; 61,901° e 62,675° W (Figura 1) e segundo Lima (2014), nestes municípios há cerca de 231.395 habitantes.

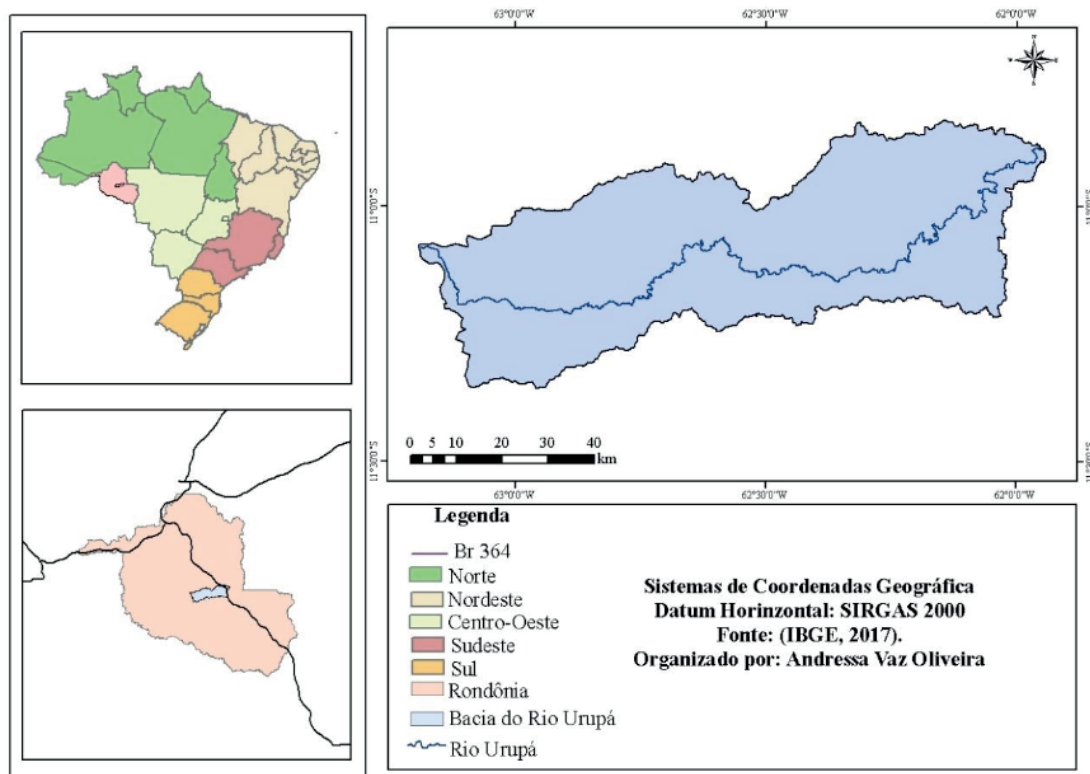


Figura 1 – Localização da bacia do Rio Urupá, Rondônia.

2.2 Mapa de vulnerabilidade

O mapa de vulnerabilidade à perda de solo foi gerado com base na metodologia de mapeamento natural de vulnerabilidade proposta por Crepani et al. (2001), a qual atribui valores às unidades territoriais básicas dos temas Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação/Cobertura do Solo e Clima. Os métodos aplicados e as fontes de dados estão listados no quadro 1.

Variável	Método	Fonte
Geologia	Média da vulnerabilidade das rochas que estão nas formações geológicas da bacia estudada	RADAMBRA SIL (escala: 1:250000)
Geomorfologia	$R = \frac{G+A+D}{3}$ <p>Onde: R é a vulnerabilidade do tema Geomorfologia, G é a vulnerabilidade relacionada a dissecação da paisagem, A é a vulnerabilidade relacionada a altimetria da bacia, e D é a vulnerabilidade em relação a declividade.</p>	Imagem SRTM de 30m.
Pedologia	Atribuídos de acordo com o mapa de solos.	RADAMBRA SIL (escala 1:250000)
Vegetação / Cobertura do solo	Análise do Uso e Ocupação do Solo através da classificação de bandas, sugerido por Crepani et al (2001).	Imagem LandSat 8/ Sensor OLI
Clima	Análise de séries históricas de 3 estações pluviométricas	Hidroweb (ANA) http://hidroweb.ana.gov.br/

Quadro 1 – Métodos e fontes para obtenção de dados.

Fonte: Adaptado de ARAÚJO et al., (2016).

Utilizando os métodos descritos acima e as recomendações inseridas no método proposto pelo autor mencionado anteriormente, é possível obter a carta de vulnerabilidade à perda de solo através da equação 1.

$$V = G + R + S + Vg + C/5 \quad (1)$$

Onde: V – vulnerabilidade; G – vulnerabilidade para o tema Geologia; R – vulnerabilidade para o tema Geomorfologia; S – vulnerabilidade para o tema de Solos; Vg – vulnerabilidade para o tema Vegetação; C – vulnerabilidade para o tema Clima.

Para a aplicação da equação supracitada, os valores de vulnerabilidade são atribuídos de acordo com características referentes a cada temática e variam de acordo com pesos pré-estabelecidos, conforme Tabela 1.

Pesos	Graus de Vulnerabilidade
1,0 1,3	Estável
1,4 1,7	Moderadamente Estável
1,8 2,2	Equilíbrio entre Estabilidade e Vulnerabilidade
2,3 2,6	Moderadamente Vulnerável
2,4 3,0	Vulnerável

Tabela 1 – Graus de vulnerabilidade de acordo com as variáveis presentes na equação 1.

Fonte: Adaptado de Crepani et al (2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 expõe a carta com os temas considerados para a confecção do mapa de vulnerabilidade. No tema de Unidades Geológicas, é visto que a bacia possui quatro tipos de unidades geológicas em toda a sua extensão, todavia, duas delas são mais predominantes: o Complexo Xingu, e a Formação Palmeiral.

Oliveira (2002) verificou a presença da unidade Complexo Xingu em sua área de estudo, e o mesmo menciona que esta unidade é composta por rochas graníticas e anfibolíticas, ocorrendo principalmente em áreas de relevo arrasado, aflorando em lajedos ou mesmo em blocos rolados isolados, em altitudes que variam de 230 a 320 metros, tendo um grau de vulnerabilidade apresentado pela metodologia de 1,3. Adamy (2010) discorre que a unidade Formação Palmeiral é formada por ortoconglomerados, quartzo-arenitos e arenitos arcoseanos, presente também na mesma área de estudo de Araújo et al. (2016), onde a metodologia proposta atribui um valor de vulnerabilidade de 2,6.

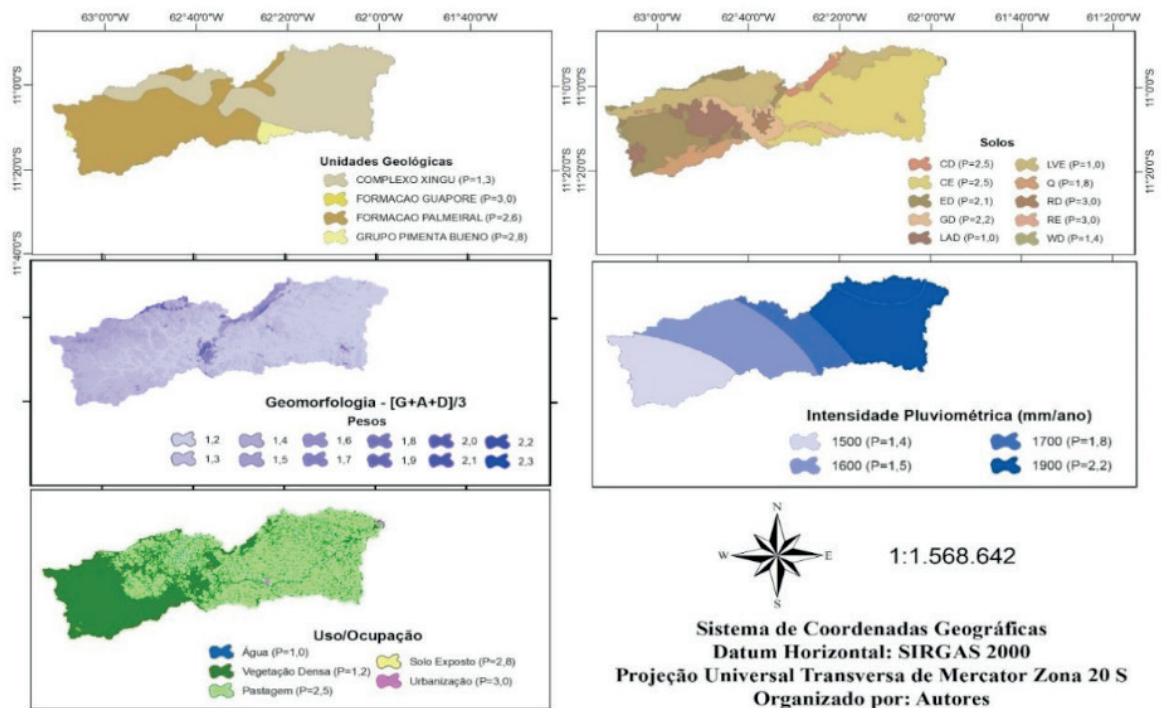


Figura 2 – Cartas temáticas de cada variável considerada na metodologia.

A formação Guaporé, presente em pequena porção no extremo oeste da bacia, é dividida em duas subunidades: Depósitos arenosos, constituído por areias grossas a médias, com níveis de cascalho e lentes de argila, e Depósitos pantanosos, constituído por areia fina maciça intercalada com silte e lentes de argila (ADAMY, 2010), onde seu grau de vulnerabilidade é de 3,0. O grupo Pimenta Bueno, unidade composta por folhelhos, siltitos, arenitos finos, bem como calcários e esporádicos siltitos carbonáticos e conglomerados (QUADROS & RIZZOTTO, 2007), está presente ao sul da bacia, sendo-lhe atribuída a vulnerabilidade de 2,8 devido às características rochosas, sendo bastante vulnerável a ações erosivas.

No tema relacionado a geomorfologia, é observado que nas porções central, norte e em pequenas partes à noroeste e a sudeste são observados maiores pesos, variando de cerca de 1,7 a 2,2, podendo ser relacionado aos locais onde foram encontradas as maiores cotas altimétricas da bacia, tendo maior suscetibilidade aos processos erosivos devido às ondulações em seu relevo. Nas outras regiões, a vulnerabilidade encontrada é baixa, devido às características mais planas da área estudada.

No tema de Uso/Ocupação, mostra que houve muitas alterações na cobertura vegetal da área, e, na região à oeste, há a predominância da classe de vegetação densa, explicada pela existência de área protegida, sendo este o Parque Nacional dos Pacaás Novos, local onde nasce o principal rio da bacia (BOLSON, 2007). Além disso, encontram-se espaçadas pela bacia outras áreas com vegetação densa, porém, a quantidade de pastagem é maior se comparada a esta, elevando assim os

valores de vulnerabilidade nesta temática.

No que tange a temática de solos, é encontrada uma variedade considerável destes na área: os Cambissolos, representados por CD e CE, respectivamente, onde a metodologia atribui vulnerabilidade de 2,5; os Latossolos, representados por LAD e LVE, tendo como graus atribuídos no valor de 1,0; o Esporossolo, representado por ED, com grau atribuído de 2,1; Regossolo, representado por RD e RE, com grau de 3,0 e Gleissolo representado por GD com peso 2,2; e estão distribuídos ao longo da bacia. Para a intensidade pluviométrica, foi constatada variação da classe, visto que a interpolação da precipitação na região de estudo gerou quatro zonas com amplitudes diferentes.

Na Figura 3 (próxima página) é exposta a variação da perda de solo na bacia estudada. Após equacionados os temas propostos descritos nos materiais e métodos, os valores encontrados estiveram dentro a faixa de 1,2 a 2,4, evidenciando a amplitude de vulnerabilidade da bacia, com regiões estáveis, moderadamente estáveis, regiões equilibradas entre estabilidade e vulnerabilidade e regiões moderadamente vulneráveis.

Observando a carta gerada, foi perceptível o alto índice de áreas moderadamente estáveis e áreas em equilíbrio, tendo influência baseada nos pesos elevados atribuídos a classe de pastagem (2,5) e/ou a classe de geomorfologia (onde a amplitude varia de 1,2 a 2,3).

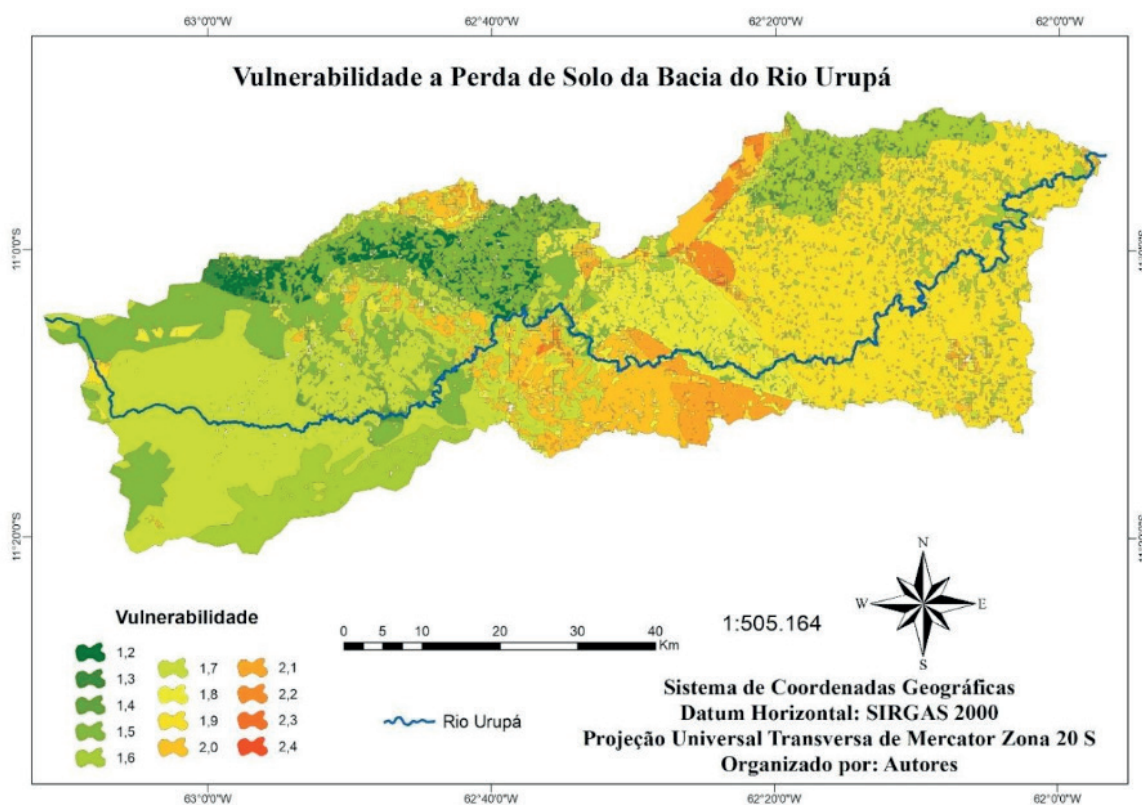


Figura 3 – Vulnerabilidade a perda de solo da bacia do Rio Urupá.

O Rio principal, Urupá, serve como fonte de abastecimento público ao município

de Ji-Paraná, e Lima (2014) aborda que no seu trecho médio o desenvolvimento agrícola e urbano é intenso. A vulnerabilidade da bacia nas áreas próximas ao rio apresenta evidências de que é possível haver arraste de material advindo das regiões mais altas da bacia e transporte de materiais utilizados na agropecuária e atividades piscícolas, podendo afetar o local de captação de água para abastecimento do município, podendo levar a sérias consequências à saúde da população residente.

Em relação à área inicial da bacia, houve uma redução de 3,96% (Tabela 2). Araújo et al (2016) em sua área de estudo também notou que houve uma diminuição em relação à área inicial, e o mesmo explica que pode ser causada pelas transformações vetor > matriz > vetor, onde acabam se perdendo uma parte da área nas bordas da bacia.

Valores de Vulnerabilidade	Área (km ²)	% Total	Grau de Vulnerabilidade
1,2	88,12	2,2	Estável
1,3	40,99	1,0	Estável
1,4	35,17	0,9	Moderadamente Estável
1,5	577,64	14,3	Moderadamente Estável
1,6	538,83	13,3	Moderadamente Estável
1,7	981,47	24,3	Moderadamente Estável
1,8	296,70	7,3	Equilíbrio entre Est. e Vuln.
1,9	1040,63	25,7	Equilíbrio entre Est. e Vuln.
2,0	298,84	7,4	Equilíbrio entre Est. e Vuln.
2,1	98,48	2,4	Equilíbrio entre Est. e Vuln.
2,2	39,96	1,0	Equilíbrio entre Est. e Vuln.
2,3	4,82	0,1	Moderadamente Vulnerável
2,4	0,35	0,01	Moderadamente Vulnerável
TOTAL	4042	100	

Tabela 1 – Área das classes e graus de vulnerabilidade presentes.

Em relação às áreas de vulnerabilidade, 25,7% delas se enquadram no valor de 1,9, indicando um equilíbrio entre estabilidade e vulnerabilidade, e logo após, 24,3% da área está situada no valor de 1,7, ressaltando que há nestas partes um ambiente moderadamente estável. Foram encontradas quatro classes de vulnerabilidade: Estável, com 129,11 km² de área total, onde este se encontra em superfícies mais aplainadas e menos onduladas, com predominância de vegetação densa e incidência de Latossolos; Moderadamente Estável, com 2.133,11 km² de área total, nestes já há indícios de relevo mais acentuado, e locais onde há pastagem, podendo estar situados sobre Cambissolos e/ou Esporossolos; Equilíbrio entre Estabilidade e Vulnerabilidade, com 1.774,61 km² de área, havendo incidência de pastagem, relevo, declividade e densidade de drenagem mais acentuados, além da formação geológica contribuir para a inserção nesta classe de vulnerabilidade; e Moderadamente Vulnerável, com 5.17 km² de área, onde nestes locais as características geológicas, de terreno e de

vegetação não são as melhores encontradas de toda a bacia, fazendo com que esta área seja mais suscetível a perda de solo.

CONCLUSÕES

Era esperado que a região de estudo tendesse a ser uma região com vulnerabilidade baixa, devido a existência de unidade de conservação em parte de sua área e este atuar como mitigador de processos de perda de solo, porém a região se apresentou com vulnerabilidade considerável, e alguns dos fatores agravantes são devido a formação geológica da região, onde duas das quatro unidades geológicas encontradas possuem características de litotipos sedimentares, concentrados nas partes altas da bacia e destaca-se também a conversão das florestas em pastagem, onde esta última se caracteriza mais vulnerável. Ainda assim, se faz necessário mais estudos e ações voltadas para evitar modificações no ambiente, deixando-o menos vulnerável.

A metodologia aplicada otimiza a obtenção de resultados, além de ser de fácil estimativa e os métodos utilizados para obtenção de dados para análise ser facilitada pela gratuidade dos arquivos utilizados. Porém, a aplicação deste modelo não substitui os dados coletados em campo, visto que estes modelos são ferramentas para aprendizado básico sobre temáticas relativas a esta. Contudo, ainda se ressalta que a falta de dados locais atualizados pode interferir no resultado esperado, sendo assim este trabalho como ponto de partida para incrementação de estudos sobre impactos decorrentes da perda de solo em bacias hidrográficas e como estes interferem na dinâmica dos corpos hídricos regionais.

REFERÊNCIAS

ADAMY, A. **Geodiversidade do estado de Rondônia**. Programa Geologia do Brasil, Levantamento da Geodiversidade – Porto Velho: CPRM, 2010. 337 p.

ARAÚJO, R. R. SILVA, P. P. D, ANDRADE, R. L. N, RIBEIRO, S. G. J. **Vulnerabilidade à Erosão da Bacia do Rio Boa Vista, Ouro Preto RO**. XII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 2016.

BECKER, B. K; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico econômico pelos estados da Amazônia Legal**. Brasília: SAE:MMA; 1996.

BOLSON, M. A. **A biogeoquímica do rio Urupá, Rondônia**. 2006. 60f. Dissertação (Mestrado em Química na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos. INPE. 2001. 103p.

LIMA, P. F. **Identificação, caracterização e evolução dos usos da terra nas APP's da Bacia Hidrográfica do Rio Urupá.** Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Universidade Federal de Rondônia. Rondônia, 2014. 75p.

OLIVEIRA, J. K. M. **Caracterização estrutural da borda sudeste do Sistema Transcorrente Carajás com ênfase nas rochas do Terreno Granítico-Gnáissico.** Dissertação (Mestrado em Geologia) – Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, CG, UFPA, 2002. 138p.

QUADROS, M. L. E. S. **Geologia e recursos minerais do Estado de Rondônia: Sistema de Informações Geográficas – SIG: Texto Explicativo do Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado de Rondônia.** Organizado por Marcos Luiz do Espírito Santo Quadros [e] Gilmar José Rizzotto. – Escala 1:1. 000.000. – Porto Velho: CPRM, 2007. 153p.: (il.) Disponível em <http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel_rondonia.pdf> Acesso em: 06 nov. 2017.

ROVANI, F. F. M, CASSOL, R, WOLLMAN, C. A, SIMIONI, J. P. D. **Análise da vulnerabilidade natural à perda de solo de Barão de Cotegipe, RS.** Revista do Departamento de Geografia – USP 2015; 29(1): 264-282.

ROVANI, F. F. M, VIEIRA, M. **Vulnerabilidade Natural do Solo de Silveira Martins – RS.** Floresta e Ambiente 2016; 23(2): 151-160. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/floram/v23n2/2179-8087-floram-2179-8087125614.pdf>> Acesso em 13 nov. 2017.

SIMÕES, M; BECKER, B; EGLER, C. MIRANDA, M; ORLEANS e BRAGANÇA, P. C. SANTOS, U. P. et al. **Metodologia para elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico em áreas com grande influência antrópica.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 1999. Disponível em: <<http://www.laget.igeo.ufrj.br/egler/pdf/maggie.pdf>>. Acesso em 13 nov. 2017.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE; 1977.

SOBRE O ORGANIZADOR

Helenton Carlos da Silva - Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2007), especialização em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2010) é MBA em Engenharia Urbana pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2014), é Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Estadual de Ponta Grossa (2016), doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa e pós-graduando em Engenharia e Segurança do Trabalho. A linha de pesquisa traçada na formação refere-se à área ambiental, com foco em desenvolvimento sem deixar de lado a preocupação com o meio ambiente, buscando a inovação em todos os seus projetos. Atualmente é Engenheiro Civil autônomo e professor universitário. Atuou como coordenador de curso de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em projetos e acompanhamento de obras, planejamento urbano e fiscalização de obras, gestão de contratos e convênios, e como professor na graduação atua nas seguintes áreas: Instalações Elétricas, Instalações Prediais, Construção Civil, Energia, Sustentabilidade na Construção Civil, Planejamento Urbano, Desenho Técnico, Construções Rurais, Mecânica dos Solos, Gestão Ambiental e Ergonomia e Segurança do Trabalho. Como professor de pós-graduação atua na área de gerência de riscos e gerência de projetos.

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